



KODAK GRAY SCALE



C	Red-Filter Negative	Cyan Printer	M	Green-Filter Negative	Magenta Printer	Y	Blue-Filter Negative	Yellow Printer
----------	---------------------	--------------	----------	-----------------------	-----------------	----------	----------------------	----------------



black

3-color

white

cyan

violet

magenta

primary red

yellow

green



KODAK COLOR CONTROL PATCHES



These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.

Nr. 210.

J. Erster u. H. Geitel.

Ueber die Electricitätsleitung
beim Contact verdünnter Gase
mit galvanisch glühenden
Drähten.

UB Braunschweig 84



2322-203-0

Elster



Über die Elektricitätserregung beim Contact verdünnter Gase mit galvanisch glühenden Drähten

VON

Julius Elster und Hans Geitel,
Gymnasiallehrern in Wolfenbüttel.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 25. October 1888.)

Aus den Sitzungsberichten d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.
Mathem.-naturw. Classe; Bd. XCIII. 16th. H. a. October 1888.

WIEN, 1889.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI

IN COMMISSION BEI F. TEMPSKY,
BUCHHÄNDLER DER K. K. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN



Druckschriften

der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien

(Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe.)

Selbständiges Werk.

Die internationale Polarforschung 1882–1883. Die österreichische Polarstation **Jan Mayen**.

Band I enthält den Vorbericht der Expedition, ferner die astronomischen, geographischen, meteorologischen und oceanographischen Resultate der Expedition.

Band II umfasst die Polarlicht- und Spectralbeobachtungen auf Jan Mayen.

Band III Naturhistorischer Theil. 1. Zoologie. 2. Botanik. 3. Mineralogie. Das ganze Werk, drei Quartbände. (Mit 4 Karten, 65 Tafeln und 10 Holzschnitten.) 30 fl.

Vorbericht der Expedition. Separatausgabe aus dem I. Bande dieses Werkes. Derselbe bildet den beschreibenden Theil der Expedition. (Mit 1 Karte und 3 Tafeln.) 2 fl. 75 kr.

Periodische Publicationen.

[Physik.]

Aus den Denkschriften für 1885.

Unterwiesing, J., Beiträge zur Erklärung der kosmisch-terrestrischen Erscheinungen. Über das Polarlicht. (Mit 3 Tafeln.) 1 fl. 70 kr.

Aus den Sitzungsberichten für 1885.

Adler, G., über die Energie magnetisch polarisierter Körper, nebst Anwendung der bezüglichen Formeln insbesondere auf Quincke's Methode zur Bestimmung der Dis-magnetisirungszahl. fl. 18 kr.

Auflinger, E., über das Verhältniss der Weber'schen Theorie der Elektrodynamik zu dem von Hertz aufgestellten Princip der Einheit der elektrischen Kräfte. (Mit 2 Holzschnitten.) fl. 15 kr.

Boltzmann, L., über einige Fälle, wo die lebendige Kraft nicht integrierender Nenner des Differentialen der zugeführten Energie ist. fl. 22 kr.

Csermak, P. und Hiecke, R., Pendelversuche. (Mit 6 Tafeln.) 1 fl. 20 kr.

Ebner, V. v., die Lösungsflächen des Kalkspäthes und des Aragonites. II. Die Ätztiguren des Kalkspäthes. III. Die Lösungsflächen des Aragonites. (Fortsetzung und Schluss.) (Mit 6 Tafeln.) 2 fl. — kr.

Erner, K., Bemerkung über die Lichtgeschwindigkeit im Quarz. fl. 10 kr.

Glan, P., ein Grundgesetz der Complementärfarben. fl. 10 kr.

Gross, Th., über eine neue Entstehungsweise galvanischer Ströme durch Magnetismus. fl. 20 kr.

Handl, A., über ein neues Hydrometersystem. (Mit 1 Holzschnitt.) fl. 5 kr.

Hann, J., die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer. II. Theil. Das Temperaturverhältnisse von Wien und Umgebung, nebst einer Studie über den Nachweis von Localinflüssen auf die Temperaturmittel. fl. 40 kr.

— die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer. III. Theil. (Schluss.) 1 fl. 30 kr.

Heppner, J. v., über die Verschiebung des Vereinigungspunktes der Strahlen beim Durchgange eines Strahlenbüschels monochromatischen Lichtes durch ein Prisma mit gerader Durchsicht. (Mit 2 Holzschnitten.) fl. 25 kr.

— über Krümmungsvermögen und Dispersion von Prismen. (Mit 8 Holzschnitten.) fl. 40 kr.

Klemenčić, J., Experimentaluntersuchung über die Dielektricitätsconstante einiger Gase und Dämpfe. (Mit 1 Tafel.) fl. 60 kr.

Lang, V. v., Messung der elektromotorischen Kraft des elektrischen Lichtbogens. (Mit 2 Holzschnitten.) fl. 10 kr.

Lippich, F., über polarisatorische Methoden, insbesondere über Halbschattenapparate. (Mit 1 Tafel.) fl. 40 kr.

Lissac, J., über den täglichen und jährlichen Gang, sowie über die Störungsperioden der magnetischen Declination zu Wien. (Mit 3 Tafeln.) fl. 40 kr.

Mach, E., zur Analyse der Töneindrücke. fl. 10 kr.

— und Arbes, J., einige Versuche über totale Reflexion und anormale Dispersion. (Mit 17 Holzschnitten.) fl. 15 kr.

— und Wentzel, J., ein Beitrag zur Mechanik der Explosionen. (Mit 11 Holzschnitten.) fl. 20 kr.

Moses, J., elektrische und thermische Eigenschaften von Salzlösungen. fl. 8 kr.

Oppenheim, S., über die Rotation und Präcession eines flüssigen Sphäroids. fl. 40 kr.

Pitich, H., über die Isogrenzfälle der doppelbrechenden Krystalle. (Mit 1 Tafel.) fl. 45 kr.

Schilling, G. A., über die Herstellung eines homogenen magnetischen Feldes an der Tangentialboussole zur Messung intensiver Ströme. (Mit 5 Holzschnitten.) fl. 22 kr.



Über die Elektricitätserregung beim Contact verdünnter Gase mit galvanisch glühenden Drähten

VON

Julius Elster und Hans Geitel,

Gymnasiallehrern in Wolfenbüttel.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 25. October 1888.)

§. 1.

Der Gegenstand der folgenden Mittheilungen bildet die Fortsetzung einer Reihe von Experimentaluntersuchungen, deren Ausgangspunkt das Studium der Flammenelektricität war. Sind die Einzelercheinungen in diesem Gebiete auch sehr verwickelter Natur, so stellte sich doch die Thatsache als unveränderlich heraus, dass jeder in die Flamme eingeführte Körper, sobald der Glühzustand desselben nur ein genügend hoher war, sich mit negativer Elektricität lud. Daher lag die Vermuthung nahe, dass die sogenannte Flammenelektricität im Wesentlichen durch den Glühprocess bedingt werde, eine Vermuthung, die sich als wahr herausstellte, indem es gelang nachzuweisen,¹ dass ein galvanisch glühender Platindraht die Eigenschaft hat, in atmosphärischer Luft und in vielen anderen Gasen einen in seine Nähe gebrachten Leiter positiv zu elektrisiren. Störend bei diesen Versuchen war der Umstand, dass durch den Strom an sich bereits eine Elektrisirung des genäherten Leiters hervorgerufen wurde, die sich zwar der Messung nicht entzog und daher in Abrechnung gebracht werden konnte, die aber immerhin, nament-

¹ J. Elster und H. Geitel, Über die Elektricität der Flamme. Wied. Ann. 16, S. 209, 1882.

lich bei Anwendung eines einigermassen starken Stromes die spontane Elektrisirung überdeckte und die Übersichtlichkeit der Erscheinung trübte, ausserdem aber bei den noch mehrfach herrschenden Ansichten über das sogenannte unipolare Leitungsvermögen der Gase vielleicht zu Einwänden Veranlassung geben konnte.

Bei unseren späteren ¹ in dieses Gebiet hineinschlagenden Versuchen verwandten wir daher als glühenden Körper eine erhitzte Platinkugel, in deren mit Platinschwamm gefülltes Innere ein Gemisch von Luft und Benzindampf geleitet werden konnte (Paquelin'scher Brenner). So gewannen wir — ohne Verwendung eines galvanischen Stromes — einen glühenden Körper, bei welchem zugleich die Verbrennung im Innern vor sich ging, so dass eine etwaige Elektrisirung der Umgebung nicht dem Verbrennungsprocesse zugeschrieben werden konnte. Näherte man der lebhaft glühenden, zur Erde abgeleiteten Kugel irgend einen Leiter bis auf sehr nahe Distanz, so nahm auch dieser, wie sich nach den Versuchen mit dem glühenden Platindraht erwarten liess, eine positive Ladung von etwa $1\frac{1}{2}$ Daniell an.

Somit hatten wir nachgewiesen, dass einem glühenden Körper die Eigenschaft zukommt, Leiter, die in seine Nähe gebracht werden, positiv zu elektrisiren, eine Thatsache, welcher wir eine fundamentale Bedeutung zuschrieben.

Gegen diese Versuche wurde von geschätzter Seite ² später der Einwand erhoben, dass die von uns beobachtete Elektricitäts-erregung vielleicht durch den in der Luft schwebenden Staub hervorgerufen werde, ein Einwand, der uns veranlasste, die Versuche wieder aufzunehmen ³ und in staubfreien Räumen zu wiederholen. Die Erscheinung erwies sich jedoch als unabhängig von etwaigen in einem Gase enthaltenen Staubpartikelchen, ja trat sogar in sehr ausgesprochener Weise auf in Räumen, in welchen Crookes'sches Vacuum herrschte. Dass in solchem Staub-

¹ J. Elster und H. Geitel, Über die Elektricitäts-erregung beim Contact von Gasen und glühenden Körpern. Wied. Ann. 19, S. 588, 1883.

² G. Wiedemann, Elektricität, IV, 1, S. 868, 1885 und Sohneke, Wied. Ann. 28, S. 559, 1886.

³ J. Elster und H. Geitel, Über die Elektrisirung der Gase durch glühende Körper. Wied. Ann. 31, S. 109, 1887.

partikelchen sich schwebend erhalten könnten, ist nicht wohl anzunehmen. Dagegen ist es möglich, dass, solange der Platindraht sich in lebhafter Gluth befindet, von diesem feine Metalltheilchen abgeschleudert werden und den über dem Drahte angebrachten Leiter treffen und so seine Elektrisirung herbeiführen. Dieselbe Rolle, wie die abfliegenden Metalltheilchen können natürlich auch die Gastheilchen spielen, wenn sie durch Contact mit dem glühenden Körper leitend und zugleich elektrisirt werden.

Ohne zwischen diesen beiden Eventualitäten zunächst eine definitive Entscheidung zu treffen, zeigten wir die Möglichkeit (im Anschlusse an Herwig,)¹ durch die beobachtete Elektricitäts-erregung jene bereits oben berührte Erscheinung zu erklären, die bislang völlig räthselhaft erschien, nämlich das sogenannte unipolare Leitungsvermögen der Gase, indem wir experimentell bewiesen, dass immer diejenige Elektricität am schnellsten entladen wird, deren Vorzeichen dem der durch den Glühprocess im Gase entwickelten entgegengesetzt ist. Zugleich schien mit der Auffindung eines Gases von besonderem Verhalten, nämlich des Wasserstoffs, die Möglichkeit gegeben, nach der wahren Ursache jener elektromotorischen Kraft zu suchen, ob dieselbe ihren Grund in der Abschleuderung fester Partikelchen vom Drahte besitzt, oder ob sie allein von der Temperaturerhöhung und der Beschaffenheit des Gases abhängt. Der Umstand, dass die Elektrisirung in verdünnter Luft positiv, in Wasserstoff gewöhnlicher Dichte negativ war, liess es wünschenswerth erscheinen, auch für Wasserstoff Untersuchungen bei geringerem Druck auszuführen.

Durch Überweisung einer namhaften Summe aus dem „Elizabeth Thompson Science Fund in Boston, Massachusetts U.S.A.“ wurden wir in den Stand gesetzt, diese Untersuchungen über die Elektrisirung der Gase an glühenden Körpern weiter fortzuführen und namentlich zu studiren in Räumen, die nur Spuren der fraglichen Gase enthielten.

Wir kommen einer angenehmen Pflicht nach, indem wir hier öffentlich unseren Dank für die uns aus dem Elizabeth Thompson Science Fund gewährte Unterstützung aussprechen.

¹ Herwig, Wied. Ann. 1, S. 517, 1877. Vergl. auch Elster und Geitel, Über die unipolare Leitung erhitzter Gase. Wied. Ann. 26, S. 1, 1885.

Die Resultate unserer Experimentaluntersuchung sind in den nachfolgenden Blättern niedergelegt.

§. 2.

Es handelte sich zunächst darum, einen glühenden Körper innerhalb eines Raumes anzubringen, der vermittelt einer Quecksilberluftpumpe evacuirt werden konnte. Leider verbot sich — abgesehen von rein praktischen Schwierigkeiten — die Verwendung des oben beschriebenen Paquelin'schen Brenners in evacuirten Räumen, denn es stand zu befürchten, dass das glühende Metall für die im Innern der Kugel befindlichen Benzindämpfe durchlässig sei, und wenn letzteres auch bei genügend dicker Wandstärke der Kugel vielleicht nur in geringerem Masse der Fall gewesen wäre, so konnte doch keinesfalls die Reinheit der zu den Versuchen verwandten, in dem Recipienten befindlichen Gase verbürgt werden. Wir haben daher durchgehends nur glühende Metalldrähte in Verwendung gebracht, die durch einen Strom von zwei bis vier grossen Bunsen'schen Elementen in lebhafte Gluth versetzt werden konnten.

Auf Taf. I, Fig. 1 bis 3 sind die Hauptformen der von uns benützten Recipienten dargestellt.

In ein cylindrisches Glasrohr *Z* (Fig. 1) von gut isolirendem Glase war ein Platinbügel *AB* eingeschmolzen, der von den Punkten *A* und *B* ab bis zu den Einschmelzstellen *u* und *v* stark mit blauem Emailglas überzogen war, während die herausragenden Enden *C* und *D* in Quecksilbernäpfchen eintauchten. Über dem Glühdrahte befand sich eine Platinplatte *P*, die „Luft-elektrode“, die durch den eingeschmolzenen und mit Glasüberzug versehenen Platindraht *E* mit dem Elektrometer in Verbindung zu setzen war. Die Ansatzröhren *x* und *y* dienten zur Verbindung des Recipienten mit der Pumpe und etwaigen Nebenapparaten. Leider erwies sich diese Form der Recipienten, namentlich bei Anwendung von Platindrähten von 0.3 bis 0.4 mm Stärke, sehr wenig haltbar. Die starke Erhitzung, welche naturgemäss eintrat, sobald der Draht längere Zeit zu heller Gelbgluth erwärmt wurde, liess nur allzu oft an den Schmelzstellen *u* und *v* feine Sprünge entstehen, welche die Apparate zu ferneren Versuchen unbrauchbar machten.

Etwas haltbarer zeigten sich die Recipienten, als die Drähte, häufig auch zu engen Spiralen aufgewickelt, so in dem Recipienten angebracht wurden, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Da den Buchstaben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 1 zukommt, so ist Fig. 2 wohl ohne weiteres verständlich.

Bei dieser Form hat man zugleich noch den Vortheil, zwei Platten, P und P' oberhalb und unterhalb des Drahtes in den Recipienten einführen zu können, die als Luftpolektroden dienen, was häufig von Vortheil ist.

Ein zweiter Übelstand, welcher den Versuchen nur allzu oft ein jähes Ende bereitet, ist das Durchschmelzen des Platinbügels. Durch das Glühen im Vacuum bildet sich nämlich sehr bald ein metallischer Beflug an der Glaswand, der die Controle des Glühzustandes erschwert. So ereignet es sich leicht, dass derselbe höher getrieben wird, als es der Draht zu ertragen vermag.

Die in Fig. 1 und 2 abgebildeten Recipienten bieten den Vortheil, dass man dieselben, nachdem sie evacuirt worden, von der Pumpe abschmelzen und sich so Apparate verschaffen kann, welche die zu beschreibenden Erscheinungen dauernd zeigen. Für solche Recipienten empfiehlt es sich jedoch, nur enge Drahtspiralen von höchstens 0.2 mm Drahtstärke als Glühdraht zu benützen.

Ein Apparat, der sich vorzüglich bewährt hat, der aber nur in Verbindung mit der Quecksilberluftpumpe verwendet werden kann, ist der in Fig. 3 dargestellte, der nach unseren Angaben von Geissler's Nachfolger verfertigt wurde.

In den Boden eines 16 cm hohen, 3 cm weiten Glascylinders waren zwei mit Emailglasumhüllungen g und g' versehene, 0.4 mm dicke Platindrähte AC und BD eingeschmolzen, auf deren freien Enden zwei abnehmbare massive Platincylinder Y und Y' mit konischen Bohrungen aufgesetzt waren. Zwischen diesen liessen sich mit Hilfe der Schraubchen s und s' dünne Metalldrähte ausspannen. Der obere Theil des Apparates war abnehmbar, vermittelst des Schliffes QR , der durch Quecksilber gedichtet wurde. Dieser obere, glockenförmige Theil des Apparates enthielt eine Luftpolektrode P , die durch E mit dem Elektrometer in Verbindung stand. Soweit der Platindrabt E in den Recipienten hineinragte, war er mit einer Glasumhüllung g'' versehen. Die Ansätze H und H' trugen eingeschmolzene Platinhäkchen I und K ,

zwischen denen nöthigenfalls ein zweiter Draht — ein Vergleichsdraht, und zwar meist in Spiralforn — ausgespannt wurde. Der ganze Apparat ruhte in einem passenden Stative so, dass die Drahtenden *C* und *D*, und wenn nöthig, auch *L* und *M* in festgekittete Quecksilbernäpfchen eintauchten. Das angeschmolzene Rohr *x* diente zur Verbindung mit der Quecksilberpumpe. Ausser dem Vortheile, dass hier ein Durchschmelzen des Glühdrahtes nicht den ganzen Apparat zerstört, gewährt diese Forn des Recipienten die grosse Annehmlichkeit, dass man den oberen Theil desselben, wenn er von dem Befuge undurchsichtig geworden war, entfernen und durch eine zweite, ebenfalls in den Schliff *QR* einpassende Glocke von genau gleichen Dimensionen ersetzen konnte; eine Procedur, die nach einiger Übung nicht mehr Zeit als zwei Minuten in Anspruch nahm.

Gegen die vorherbeschriebenen Apparate hat er nur den Nachtheil, dass in demselben Drähte von höchstens 0.3 mm Dicke verwandt werden können, und dass etwas stärkerer Strom nöthig ist, um den gleichen Glühzustand, wie bei den Apparaten Fig. 1 und 2 zu erzielen.

Da es sich schon bei den Vorversuchen herausstellte, dass in Räumen, welche Fettdämpfe enthielten, exacte Resultate in keiner Weise zu erlangen waren, so ersetzten wir das an der Töpler-Hagen'schen Pumpe befindliche Überführrohr durch ein solches, an welchem nur Quecksilberdichtungen angebracht waren. Um leicht die fraglichen Recipienten an die Pumpe anschmelzen und um dieselben schnell auswechseln zu können, ohne jedesmal gezwungen zu sein, die ziemlich zeitraubende Procedur des vollständigen Evacuirens zu wiederholen, setzten wir an das zur Trockenkugel führende Rohr eine rechtwinkelig gebogene Glasröhre an, die bei *H*, Fig. 4, einen Hahn und bei *F* einen Schliff mit Quecksilberdichtung trug. Hiebei wurde eine andere Sperrflüssigkeit ausser dem Quecksilber, wie etwa Schwefelsäure, vermieden, da die von Florenz Müller gelieferten Schlitze auch ohne diese vollkommen dicht hielten.

Siegellackkittungen wurden nicht verwendet und alle Nebenapparate mit dem Schliffstück bei *G* vor der Gebläselampe sorgfältig verschmolzen. Um den Hahn *H* leicht drehbar zu erhalten, empfiehlt es sich, die Glasfläche, an welcher die Hauptreibung

stattfindet, mit einer Spur Graphit geschmeidig zu machen. Zum Auswechseln der Recipienten wurde *H* geschlossen, in den Recipienten durch ein Capillarrohr Luft eingelassen, das Quecksilber bei *F* durch ein Heberrohr abgesogen und der Recipient entfernt. Allerdings schloss der Hahn *H* in seitlicher Richtung nicht vollkommen dicht, doch waren die Luftmengen, die bei offenem Schliffstück eindringen, nur minimal, wenn man die Manipulation des Austausches der Recipienten einigermaßen rasch ins Werk setzte.

Zu dem Ende besaßen wir drei in *F* genau eingepasste Schliffstücke, deren eines an den neu einzusetzenden Recipienten vorher angeschmolzen war. Mittelst desselben wurde er sofort in *F* eingesetzt, dann *F* mit Quecksilber gefüllt und der Hahn *H* ganz langsam geöffnet, um ein Stäuben der Phosphorsäure in der Trockenkugel zu vermeiden. Da das Volumen der Recipienten in der Regel klein war im Verhältnis zu dem der Pumpenkugel, so stieg der Druck in der Pumpe nach Herstellung der Communication meist nur um wenige Centimeter Quecksilber, so dass die Evacuierung des neuen Recipienten wesentlich abgekürzt wurde.

Die Druckmessung geschah nach der von Bessel-Hagen empfohlenen Methode, mit Hilfe einer am Auslassrohr angebrachten Scala. Wir massen jedoch denselben nur, solange die Verschiebung des Quecksilberfadens noch mit unbewaffnetem Auge wahrgenommen werden konnte. Das Erlangen exacter Zahlen für die in den Recipienten herrschenden Drucke ist ja überhaupt kaum möglich, zumal wenn in dem zu evacuierenden Raume sich ein glühender Platindraht befindet. Die für den Druck *p* im Folgenden mitgetheilten Zahlen sind daher auch nur als ungefähre Grenzen für die erreichte Verdünnung anzusehen. Trat keine Verschiebung des Quecksilbers im Auslassrohr mehr auf, wenn das Quecksilber in der Pumpenkugel bis zur Ansatzstelle des Capillarrohrs gestiegen war, so war nach der von uns ausgeführten Calibrirung der Druck sicher kleiner als 0.0002 mm .

Im Laufe der Vorversuche hatte sich herausgestellt, dass eine äusserst sorgfältige Reinigung der Recipienten geboten erschien. War ein Recipient noch ungebraucht, so wurde er mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt und dieselbe eine Stunde lang darin belassen; alsdann wurde mit reinem Wasser

nachgespült und schliesslich der ganze Apparat mit absolutem Alkohol gefüllt und nach Entfernung des letzteren sorgfältig im heissen Luftstrom des Bunsen'schen Brenners getrocknet, indem zugleich Luft durch den Apparat mittelst eines Gebläses hindurchgeleitet wurde. Gebrauchte Recipienten dagegen wurden zuerst mit Königswasser behandelt (zur Entfernung des Platinbefluges von den Glaswänden) und dann in derselben Weise wie die ungebrauchten gereinigt.

Es ist bekanntlich sehr schwierig, die letzten Spuren von Luft aus einem derartigen Glasbehälter, der an eine Quecksilberpumpe angeschmolzen ist, zu entfernen. Die Recipienten während des Evacuirens zu erwärmen, ging nicht an, wegen der Gefahr des Zerspringens an den Einschmelzstellen der Drähte; die Erwärmung durch das Glühen des Drahtes hervorzubringen, ist insofern unpraktisch, als dann die Wände des Recipienten durch den sich bildenden Beflug bereits getrübt werden, bevor man zu den Messungen schreiten kann.

Wir verwandten daher häufig zur Entfernung der am Glase anhaftenden Luft den Strom eines kleinen Rhumkorff'schen Inductionsapparates von circa 2 cm Schlagweite, den wir durch die Aluminiuelektroden *L* und *L'* (Fig. 1) einleiteten. Das mit zunehmender Verdünnung zuerst sich lebhaft entwickelnde grüne Fluoreszenzlicht blasse bei abnehmendem Drucke immer mehr und mehr ab, bis bei einem ungefähren Drucke von 0.02 mm der Strom das Vacuum überhaupt nicht mehr passirte.

Es wurde meist so verfahren, dass wir am Abend des einen Tages den Recipienten mit Hilfe des Inductionsapparates evacuirten, während die definitiven Messungen erst am folgenden Morgen vorgenommen wurden, um jede störende Einwirkung der elektrostatisch geladenen Glaswände und Zimmerluft auszuschliessen.

Um auch in anderen Gasen als in verdünnter Luft experimentiren zu können, schlugen wir das folgende einfache Verfahren ein, das sich sehr empfehlen dürfte.

Das Rohr *x*, Fig. 1, trug ein ziemlich dickwandiges, seitliches Ansatzrohr *N*, in welches die Substanz, welche das Gas entwickeln sollte, vor dem Anschmelzen eingeführt war. So wurde dasselbe z. B. zur Sauerstoffentwicklung mit circa 1 g getrocknetem

chlorsauren Kalis beschickt; zur Wasserstoffentwicklung mit circa 20 cm Palladiumdraht von 0.3 mm Dicke, der als Kathode bei der Wasserzersetzung Wasserstoff occludirt hatte; zur Entwicklung von Kohlenwasserstoffen mit einem Stückchen Paraffin u. s. f. Alle diese Substanzen gaben bei vorsichtigem Erwärmen von aussen die gewünschten Gase aus. Natürlich genügte, um den Recipienten mit reinem Gase zu füllen, eine einmalige Entwicklung nicht.

Zur Wasserstofffüllung wurde z. B. folgendermassen verfahren: Nachdem ein möglichst vollkommenes Vacuum über Luft hergestellt war, wurden etwa 2 cm des Palladiumdrahtes von aussen erhitzt, wodurch sofort eine Gasentwicklung erfolgte, durch welche die noch vorhandenen Luftreste grösstentheils fortgespült wurden; alsdann evacuirten wir von neuem und entwickelten ein neues Quantum Wasserstoff. Die Reinheit des Gases prüften wir mit einem geradsichtigen Spectroskop. Erkannten wir den Inhalt des Recipienten noch als Gasgemisch, so wurde nochmals Wasserstoff entwickelt u. s. f. Meist genügte ein dreimaliges Erwärmen des Palladiumdrahtes, um das Gas so rein zu erhalten, als es uns überhaupt möglich war; absolute Reinheit des Spectrums haben wir allerdings nicht erreicht. Bei den anderen Gasen war das Verfahren ganz analog. Zum Luft-einlassen diente ein passend angebrachtes, äusserst feines Capillarrohr *M* (Fig. 1), das so fein ausgezogen wurde, dass ein Eindringen von Staubpartikelchen durch dasselbe nicht wohl denkbar war, wenn nur die äusserste Spitze desselben abgebrochen wurde.

Bei den bislang angegebenen Apparaten ist natürlich die Elektrisirung der über dem glühenden Drahte befindlichen Platinplatte nicht unabhängig von der Richtung des Glühstromes. Um sich von der Ladung der Platte, die durch den Strom hervorgerufen wird, unabhängig zu machen, kann man nach zwei verschiedenen Methoden verfahren. Die eine derselben ist bereits früher von uns in Anwendung gebracht. Ist *AB* (Fig. 5) der glühende Draht des Recipienten (Fig. 2) und tritt der positive Strom bei *B* ein, so wird der Draht seiner ganzen Länge nach positiv geladen erscheinen, falls wir *A* gut leitend mit der Erde verbinden. Bezeichnen wir nun die durch den Glühprocess

erzeugte Potentialdifferenz mit e und die durch den Strom allein erzeugte Ladung der Platte P mit x , so wird das mit P verbundene Elektrometer jetzt eine Ablenkung s anzeigen, welche dem Werthe $e + x$ entspricht. Die erste Beobachtung liefert also die Gleichung: $s = e + x$. Bringt man nun die Erdleitung in B an, so ist der Draht jetzt seiner ganzen Länge nach negativ und eine zweite Beobachtung liefert jetzt: $s_1 = e - x$, woraus folgt:

$$e = \frac{s + s_1}{2}.$$

Diese Formel ist aber nur dann richtig, mithin die Methode auch nur dann verwendbar, wenn der Widerstand des Stromkreises symmetrisch in Beziehung auf die Mitte des Glühdrahtes AB vertheilt ist. Wird man gezwungen, rechts oder links vom Glühdrahte erhebliche Widerstände einzuschalten, so darf obige Methode nicht verwendet werden. Dagegen liefert sie stets brauchbare Werthe, wenn die Zuleitungen zu dem Glühdrahte aus dicken Kupferdrähten bestehen und sämtliche Contacte sicher sind, was durch Quecksilbernäpfchen leicht erreicht werden kann. Diese Methode muss in Anwendung gebracht werden bei Versuchen, welche eine constante Richtung des Glühstromes erheischen.

Eine Controle dieser Methode ist dadurch ermöglicht, dass man die mittlere Spannung des glühenden Drahtes direct mit dem Elektrometer messen kann. Denn ist A etwa abgeleitet, B dagegen mit dem Thomson'schen Quadrantelektrometer verbunden, so wird offenbar der Werth $2x$ unmittelbar an letzterem gemessen. Den so durch Messung bestimmten Werth wollen wir fortan mit x' bezeichnen. Aus den in Tabelle I vollständig mitgetheilten Messungen ist ersichtlich, dass in der That x' mit dem berechneten x sehr nahe übereinstimmt. Wir haben früher die Brauchbarkeit dieser Methode für luftgefüllte Räume bereits nachgewiesen; Tab. I zeigt, dass dieselbe auch für hochevacuirte Räume in Anwendung gebracht werden kann, sei es, dass dieselben hergestellt sind über Luft (IA), Wasserstoff (IB) oder Sauerstoff (IC). Man beachte jedoch bei Beurtheilung der Tabelle, dass ein im Vacuum glühender Draht seine Beschaffenheit, namentlich anfangs, fortwährend ändert. Unter Berücksichtigung dieses

Umstandes muss die Übereinstimmung zwischen x und x' als eine durchaus befriedigende bezeichnet werden.

Tabelle I.

Experimenteller Nachweis, dass $x = x'$.

A. Das Vacuum ist über Luft vermischt mit Fettdämpfen, herrührend von gefetteten Schliffstücken, hergestellt; Apparat nach Fig. 1. Entfernung S der Platte von dem Glühdrahte 25 mm; Drahtdicke $d = 0.4$ mm; mittlerer Druck $p = 0.0434$ mm; Glühzustand: Gelbgluth. Daniell = 60. Datum: 29. October 1887.

$e+x$	$e-x$	e	x	x'	Bemerkungen
-17	-111	-64	47.0	46.7	Der Glühstrom verläuft in entgegengesetzter Richtung, wie bei den ersten drei Messungen.
-16	-110	-63	47.0	47.7	
-16	-107	-61.5	45.5	46.2	
-16	-111	-63.5	47.5	46.5	
-21	-115	-68.0	47.0	46.7	
-20	-107	-63.5	43.5	44.5	

B. Das Vacuum ist über H hergestellt; Apparat nach Fig. 2. $S = 10$ mm; $d = 0.4$ mm; $p = 0.00025$ mm; Glühzustand: Weissgluth. Daniell = 48. Datum: 12. Jänner 1888.

$e+x$	$e-x$	e	x	x'	Bemerkungen
-21	-86	-53.5	32.5	32.5	Von hier ab Gelbgluth.
-16	-81	-48.5	32.5	32.0	
-16	-80	-48.0	32.0	32.0	
+20	-36	- 8	28.0	28.0	
+12	-44	-16	28.0	28.0	
+13	-55	-21	34.0	34.0	

C. Das Vacuum ist über *O* hergestellt; $S = 20\text{ mm}$, sonst alles wie unter *B*. Datum: 18. Jänner 1888.

$e+x$	$e-x$	e	x	x'	Bemerkungen
+142	+65	+103·5	38·5	38·5	$p = 0\cdot264$ Weissgluth.
+138	+64	+101·0	37·0	38·5	
+169	+94	+131·5	37·5	38·5	$p = 0\cdot0256$ Weissgluth.
+164	+91	+127·5	36·5	37·5	
+189	+123	+156	33·0	36·0	$p = 0\cdot0002$ Gelbgluth.
+174	+104	+139	35·0	36·0	

Auf die Verschiedenheit des Vorzeichens für e werden wir weiter unten eingehend zurückkommen.

Die bislang beschriebene Methode gibt namentlich dann leicht zu Irrthümern Veranlassung, wenn dünne Drähte lange Zeit geglüht werden. Dieselben scheinen durch Verdampfung und Zerstäubung immer dünner und dünner zu werden, und zwar nimmt dabei der Durchmesser nicht gleichmässig ab, sondern die Stellen, welche bei etwas unvorsichtiger Stromsteigerung dem Durchschmelzen sehr nahe kommen, scheinen namentlich ihren Widerstand dauernd zu verändern.

Bei allen Versuchen, bei denen durch den Glühprocess selbst Widerstandsänderungen zu befürchten sind, die eine unsymmetrische Vertheilung des Widerstandes auf dem Leitersystem hervorrufen können, verfährt man besser so, dass man die Erdleitung constant an derselben Stelle lässt — also etwa im Punkte *B* — dagegen durch eine Wippe die Richtung des Glühstromes umlegt. Man erhält alsdann ebenfalls zwei Messungen, $e+x=s$ und $e-x=s_1$, aus denen e und x bestimmbar sind. Bringt man die Ableitung zur Erde am anderen Ende des Glühdrahtes an, so werden die Ablesungen im Allgemeinen etwas abweichen, der dann zu berechnende Werth von e muss aber mit dem zuerst berechneten übereinstimmen, während x (in Folge ungleicher Widerstandsvertheilung) in gewissen Grenzen verschieden ausfallen kann.

Ein beliebig herausgegriffenes Beispiel möge auch diese Methode erläutern:

Als glühender Draht diente eine enge Platinspirale von 0·2 mm Drahtstärke, die lange Zeit im Crookes'schen Vacuum heller Gelbgluth ausgesetzt wurde, während ein ziemlich beträchtlicher Widerstand in den äusseren Stromkreis eingeschaltet war. Um die Verwendbarkeit der Methode zu prüfen, wurde für jede Lage der Erdleitung, ob rechts, ob links von der Mitte des Glühdrahtes, durch Umlegen der Wippe $e + x$ und $e - x$ bestimmt. Es ergab sich folgendes Schema:

Tabelle II.

Nachweis der Verwendbarkeit der Methode II. $d = 0\cdot2$ mm;
 $S = 10$ mm. Datum: 15. April 1887.

Glühzeit	Erdleitung	W i p p e		e	x
		zuge- wandt	abge- wandt		
$\frac{1}{3}$ Stunde .	links	+ 28	—114	—43	71
	rechts	+ 3	— 89	—43	46
4 Stunden .	links	+101	— 70	+15·5	85·5
	rechts	+ 99	— 63	+18·0	81·0
16 Stunden	links	+102	— 40	+31·0	71·0
	rechts	+128	— 59	+34·5	93·5

Die Ungleichheit der zusammengehörigen Werthe von x lässt deutlich erkennen, dass fortwährende Widerstandsänderungen in dem Stromkreise bei langem Stromschluss eintreten müssen. Die zusammengehörigen Werthe für e liegen innerhalb so enger Grenzen, dass auch durch diese Methode der Werth des auf der Platte P herrschenden Potentials sich mit genügender Genauigkeit ermitteln lassen wird.

Ferner beachte man, dass, wollte man hier die oben beschriebene, erste Methode verwenden, sich bei „Wippe zugewandt“ für e ein positiver, für „Wippe abgewandt“ ein negativer Werth ergeben würde.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass als Messapparat für die elektrischen Spannungen ein Thomson'sches Quadrantelektrometer mit Spiegelablesung diente, dessen eines Quadrantenpaar, wenn nicht anderes bemerkt, ständig zur Erde abgeleitet war, während die Nadel durch eine Zambonische Säule von circa 2000 Plattenpaaren auf constantem Potential erhalten wurde. Die Ablenkungen wurden stets mit der durch einen Normal-Daniell

hervorgerufenen verglichen; die Entfernung des Fernrohrs von dem Spiegel betrug circa 2 m. Die Empfindlichkeit des Instrumentes variirte im Laufe eines Tages nur unerheblich, nämlich in maximo um einen Scalenthail.

§. 3.

Zunächst haben wir uns die Aufgabe gestellt, die Erscheinungen im Allgemeinen zu beschreiben, die sich mit Hilfe des in Fig. 1 dargestellten Recipienten beobachten lassen, falls der Draht *AB* im Vacuum zum Erglühen gebracht wird.

Solange der Grad der Verdünnung der Luft noch ein geringer ist, ladet sich die in circa 15 mm Entfernung angebrachte Luft-elektrode stets mit positiver Elektrizität, und zwar ist eine Zeit von einigen Minuten erforderlich, bis die Maximal-Ladung erreicht wird. Dieselbe ist bei sorgfältig gereinigten Recipienten im luft-erfüllten Raume eine recht bedeutende und kann drei Daniell erreichen. Mit abnehmendem Drucke ändert sich dies Verhalten nur wenig, erst wenn das Vacuum ein sehr hohes wird, werden die positiven Werthe für *e* immer kleiner, um schliesslich nahezu gleich grossen negativen Werthen zu weichen. Es zeigt sich hier also der auffallende Umstand, dass ein Zeichenwechsel eintritt, sobald der Draht einige Zeit im Vacuum geglüht hat.

In der folgenden Reihe tritt dies geradezu typische Verhalten deutlich zu Tage:

Tabelle III.

Vorzeichenwechsel des Potentials mit zunehmender Verdünnung.

S = 15 mm; *d* = 0.4 mm; Glühzustand: helle Gelbgluth.

Inhalt: verdünnte Luft; Datum 23. November 1887. Daniell = 53.

A.

Nr. der Beobachtung	1	2	3	4	5	6	7	8
Druck <i>p</i>	0.0434	0.0104	0.0027	0.0010	0.00049	0.00025	0.0002	
<i>e</i>	+ 73	+41	+11	—23	—39	—43	—51	— 57
<i>E</i> für Daniell = 100	+138	+77	+21	—43	—74	—81	—96	—108

Liess man, nachdem so e sein Zeichen gewechselt hatte, durch das Capillarrohr M etwas Luft ein, so nahm die Platte sofort wieder eine positive Ladung an. Bei fortschreitendem Evacuiren fand sich:

B.

Nr.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
p	0·115	0·0278	0·0026	0·00036	0·00025	0·00049	$< 0·0002$, fortgesetzt evacuir.				
e	+ 75	+ 71	+ 70	+ 63	+ 60	+ 57	+41	+18	+13	+ 8	+ 6
E_{100}	+142	+140	+132	+119	+113	+108	+77	+34	+25	+15	+11

Die positiven Werthe bewahren sich jetzt viel härtnäckiger wie oben und es ist beachtenswerth, dass für gleiche Drucke in den beiden unmittelbar hintereinander angestellten Reihen ganz verschiedene Werthe für e gefunden werden. Greifen wir z. B. einmal den Druck $p = 0·0049$ heraus, so ist in Reihe A $e = -39$, in Reihe B aber $e = +57$. Dies Beispiel soll darthun, dass es bei diesen Versuchen müssig gewesen wäre, nach einer durch eine Formel ausdrückbaren Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von dem in dem Apparate herrschenden Drucke zu suchen, und im Verlaufe der Untersuchung hat sich auch eine solche in keiner Weise herausgestellt.

Doch kehren wir zu der obigen Versuchsreihe zurück.

Nachdem e auf +6 gesunken war, wurde das Glühen unterbrochen und der Apparat eine halbe Stunde sich selber überlassen, alsdann wurde e abermals bestimmt. Eine Drucksteigerung war nicht wahrzunehmen, dagegen ergab sich jetzt für e der Werth -27 . Durch Abkühlung war also ein Vorzeichenwechsel bewirkt worden.

Letztere Erscheinung beobachtet man sehr häufig. Erglühende Drähte gaben meist, selbst in relativ stark mit Luft erfüllten Räumen negative Werthe für e , die aber dann nach kurzer Zeit in positive übergehen.¹ Die Leichtigkeit, mit der übrigens der in obigen Reihen zu Tage tretende Zeichenwechsel sich vollzieht, ist in hohem Grade vom Glühzustande des Drahtes abhängig.

¹ vergl. Tab. XVI.

Die Erscheinung, dass weissglühende Drähte die Luftelektrode viel schwächer positiv elektrisiren, als gelbglühende, tritt im Vacuum noch viel auffälliger zu Tage, als im luftgefüllten Raume;¹ ja, häufig findet sogar ein Vorzeichenwechsel statt, wenn man die Gelbgluth auf Weissgluth steigert. So wurden z. B. folgende Werthe für e beobachtet, als abwechselnd Gelb- und Weissgluth in Anwendung gebracht wurden.

Tabelle IV.

Abhängigkeit vom Glühzustand.

$S = 15$ mm; $d = 0.4$ mm. Inhalt: verdünnte Luft. Datum: 25. November 1887. Daniell = 55.

Nr. der Beobachtung	1	2	3	4	5	6
e für { Gelbgluth . .	+61	+63	+61	+29	+22	+11
{ Weissgluth . .	+14	+22	+22	-29	-34	-52
Druck p	0.0102 mm			0.00810	0.00100	

Nach diesen Versuchen erscheint eine genaue Controle des Glühzustandes unerlässlich. Die Methode, die wir anfangs verwendeten, nämlich den glühenden Draht auf eine Lampenflamme zu projiciren und die Stromstärke mit Hilfe eines passend eingeschalteten Widerstandes so zu reguliren, dass der glühende Draht weder dunkel auf hellem Grunde, noch hell auf dunklem Grunde erschien, musste leider verlassen werden, da sie durch den sich an den Glaswänden des Recipienten bildenden metallischen Beflug illusorisch wurde. Dagegen liegt, solange man immer denselben Apparat verwendet, eine sehr gute Controle, wenigstens für die Constanz des Glühzustandes während einer längeren Versuchsdauer, in der Constanz der Werthe für x , vorausgesetzt, dass äussere Widerstände zur Regulirung des Glühzustandes nicht eingeschaltet wurden. Durch passende Wahl der galvanischen Elemente lässt sich letzteres meist vermeiden.

Im Anfange dieses Paragraphen wurde darauf hingewiesen, dass die Ladung der Platte P im luftgefüllten Raume relativ langsam vor sich geht. Mit zunehmender Verdünnung erreicht die

¹ Vergl. Elster u. Geitel, Wied. Ann. 31, S. 115, 1887.

Platte bei jeder Messung ihre Maximalladung immer schneller und schneller, und im hohen Vacuum erfolgt bei genügend hohem Glühzustand der Ausschlag mit solcher Energie, als ob die Pole eines galvanischen Elementes mit dem Elektrometer in Verbindung gesetzt wären. Diese Erscheinung ist wohl bedingt durch den immer geringer werdenden Widerstand der zwischen dem Glühdrahte und der Platinplatte befindlichen Gasschicht. Als beste Leiter erwiesen sich Wasserstoff und Fettdämpfe. Hier kann man, während der Draht glüht, den zur Platinplatte führenden Draht mit dem Finger ableitend berühren, ohne die Einstellung der Elektrometernadel wesentlich zu stören. Es muss also die Stromstärke in den genannten Fällen eine ganz bedeutende sein. Ein genügend empfindliches Galvanometer zur Messung derselben stand uns nicht zu Gebote.

Es wurde schon anfangs erwähnt, dass wir zuerst zu den Vorversuchen — der Bequemlichkeit halber — an der Pumpe einen gefetteten Hahn und einen eben solchen Schliff verwandten. Wenn dies der Fall, so tritt der Zeichenwechsel des Potentials der Luftpotelektrode viel früher ein und man erhält bald negative Werthe von einigen Daniell, die durch ihre Constanz auffallen. Absichtliche Beimischungen von Fettdämpfen zu den in den Recipienten enthaltenen Gasen ergaben stets dies Hervortreten negativer Erregungen. Man sieht hieraus, dass Fettdämpfe einen ganz entschiedenen Einfluss auf den glühenden Draht ausüben, und dass daher mit Fettdampf erfüllte Räume bei exacten Messungen durchaus zu vermeiden sind.

Fast in gleicher Weise störend wirken Siegelackkittungen, zumal wenn sie so angebracht sind, dass sie durch den glühenden Draht erwärmt werden; um daher sicher zu gehen, vermieden wir solche — bis auf einige wenige, besonders erwähnte Fälle — gänzlich.

Die einzigen aus der Reihe der Vorversuche in die Arbeit aufgenommenen Tabellen sind die Tab. I 4 und Tab. VI, bei welchen ja auch das Vorhandensein von Fettdämpfen besonders vermerkt ist.

§. 4.

Bei gewissen, später zu beschreibenden Versuchen, ist es wichtig, das Übertreten der freien Spannung des glühenden

Drahtes auf die Elektrode möglichst einzuschränken. Wir suchten daher einen glühenden Draht herzustellen, dessen durchschnittliche Spannung dem Werthe Null möglichst nahe kam. Dies wird erreicht durch Anbringung der Erdleitung in der Mitte desselben. Um zugleich die rechts und links vom Ableitungspunkte befindliche freie positive und negative Spannung möglichst gegen einander auszugleichen, bogen wir den Draht im Mittelpunkte so zusammen, dass die beiden Hälften einander parallel und möglichst nahe waren. So vorbereitet, wurde der Draht bei *A* (Fig. 6) in einen der obigen Recipienten eingeschmolzen, während bei *B* eine federnde, in ein kleines Häkchen auslaufende Platinspirale *s* für guten Contact sorgte. Diese Spirale gestattete den „Schleifendraht“ im Punkte *B* zur Erde abzuleiten. Die beiden Drahtenden *C* und *D* tauchen in Quecksilbernäpfchen, die zur Einleitung des Stromes dienen. Bestimmt man an diesem Apparate durch Umlegen der Wippe $e+x$ und $e-x$, so findet man in der That nur minimale Werthe für *x*.

In Tab. V ist eine Beobachtungsreihe angegeben, bei welcher der vom Strome übergehende Bruchtheil *x* im Mittel nicht einen vollen Scalentheil beträgt.

Tabelle V.

Bei einem Schleifendraht ist *x* fast Null.

Glühdraht ein Platin-Iridiumdraht von 0.2 mm Stärke (3% Iridium); Vacuum über Luft hergestellt; $p=0.12$; Daniell = 34; Datum: 25. Mai 1888.

Nr.	$e+x$	$e-x$	<i>e</i>	<i>x</i>
1	+42	+41	+41.5	0.5
2	+39	+37	+38.0	1.0
3	+38	+38	+38.0	0.0
4	+34	+30	+32.0	2.0
5	+39	+37	+38.0	1.0

Bei diesen Versuchen ist der Einfluss des Stromes somit fast ganz eliminirt. Sollten trotz dieser Anordnung die Ablenkungen für $e+x$ und $e-x$ merklich verschieden sein, so kann man

dem stets abhelfen durch Anbringung einer passenden Nebenschliessung, welche die Spannung auf dem überwiegenden Theile der Drahtschleife herabmindert.

Leider ist die Haltbarkeit solcher Apparate eine wenig befriedigende, es sei denn, dass man sehr dünne Platindrähte benützt.

Auch auf einem zweiten, allerdings bedeutend umständlicheren Wege kann das Gleiche erreicht werden, indem man sich die Thatsache zu Nutze macht, dass ein Platindraht von circa 0.4 mm Dicke im Vacuum nach der Stromesunterbrechung eine relativ lange Zeit nachglüht. Durch schnelle Unterbrechung des Glühstromes kann man so einen Körper erhalten, der glüht, ohne in gewissen kleinen Zeitmomenten vom Strom durchflossen zu sein. Gerade in diesen Zeitintervallen ist dann die Verbindung mit dem Elektrometer herzustellen. Wir schalteten, um dies zu erreichen, noch eine zweite Wippe in den Glühstrom ein, die so construiert war, dass, während der Hauptstrom Unterbrechung erlitt, die Luftpotelektrode mit dem Elektrometer in Verbindung gesetzt wurde. Bewegte man nun die Wippe in schnellem Tacte hin und her, so addirten sich die einzelnen Ladungen, welche dem Elektrometer durch die Platte zugeführt wurden, bis der durch den Glühprocess bestimmte Maximalwerth erreicht war. Bei dieser Methode ist noch ein Umstand zu beachten, nämlich der, dass die Temperatur des Drahtes im Momente der Unterbrechung sinkt. Es sind also so hohe Werthe wie die aus $e+x$ und $e-x$ berechneten nicht zu erwarten. In der folgenden Tabelle ist die gewöhnliche Methode ($e+x$, $e-x$) als Methode I, die soeben auseinandergesetzte als Methode IV bezeichnet.

Tabelle VI.

Ein glühender, nicht vom Strom durchflossener Draht wirkt auch elektromotorisch. Vacuum: Luft u. Fettdämpfe. $d = 0.4\text{ mm}$; $S = 20\text{ mm}$; Datum: 13. November 1888; Daniell = 55.

Methode	1	2	3	4	5	6	7
$e \left\{ \begin{array}{l} \text{I} \\ \text{IV} \end{array} \right.$	-85	-89	-82	-81	-84	-82	+57
	-78	-78	-71	-76	-80	-72	+48

Die Werthe unter Nr. 7 wurden nach dem Einlassen von Luft ermittelt.

Es sei noch bemerkt, dass die Differenz zwischen den nach Methode I und IV unmittelbar hintereinander gefundenen Werthen um so grösser wird, je weniger vollkommen das Vacuum ist.

Aus den in diesem Paragraph mitgetheilten Versuchen dürfte mit Sicherheit hervorgehen, dass die aus den Gleichungen: $e+x=s$ und $e-x=s_1$ berechnete elektromotorische Kraft e unabhängig ist von etwaigen sich von dem glühenden Körper abzweigenden Stromfäden. Zugleich betonen wir noch, dass diese Ergebnisse sich durchaus in Übereinstimmung befinden mit den früher von uns mittelst des Paquelin'schen Brenners gefundenen, bei welchen ja ein elektrischer Strom überhaupt ganz aus dem Spiele blieb.

§. 5.

Im §. 3 ist im Allgemeinen bereits das Verhalten eines glühenden Platindrahtes geschildert worden, der sich in einem über atmosphärischer Luft dargestellten Vacuum befindet. Es ist schon dort beschrieben worden, dass mit Eintritt des Crookes'schen Vacuums die positive Ladung der Platinplatte in eine negative allmähig übergeht. Ohne vorerst dem Ursprunge dieser negativen, respective kleinen positiven Ladung weiter nachzuforschen, wollen wir dieselbe im Folgenden stets als „Vacuumwerth“ bezeichnen.

Es hat sich nun im Laufe der Untersuchung als constantes Factum herausgestellt, dass, falls man in ein Crookes'sches Vacuum Luft eintreten lässt — oft genügen die geringsten Spuren — sofort der Vacuumwerth in positive Werthe übergeht; nur in vereinzelten wenigen Fällen wurde kein Umschlagen der Ladung, sondern nur eine bedeutende Herabminderung des negativen Werthes beobachtet.

In Tab. VII sind einige Beobachtungen zusammengestellt, ausgewählt aus der grossen Anzahl hierhergehöriger Versuche.

Tabelle VII.

Einlassen von Luft bewirkt stets eine Steigerung der Werthe für e im positiven Sinne.
Vor dem Einlassen von Luft betrug der Druck im Recipienten noch nicht 0.001 mm.

Nr.	Datum	Draht- dicke in mm	Nach dem Ein- lassen Druck in mm	Werth von e vor dem Einlassen "Vacuum- werth"	Werth von e nach dem Einlassen	Normal- Daniell	Glühzustand	Bemerkungen
1	31/9 1887	0.4	0.0022	— 59	+20	20	helle Gelbgluth	
2	2/10 1887	0.4	0.910	— 102	+42	53	" "	
3	5/10 1887	0.4	24.0	— 80	+58	42	fast Weissgluth	
4	19/10 1887	0.3	<1	— 37	+45	49	helle Gelbgluth	
5	26/10 1887	0.3	760	— 99	+67	57	" "	
6	13/11 1887	0.4	<1	— 82	+57	55	" "	
7	23/11 1887	0.4	0.119	— 58	+75	53	" "	
8	23/11 1887	0.4	0.0349	— 47	+64	53	" "	Das Einlassen von Luft geschah:
9	25/3 1888	0.1	<1	— 16	+54	33	fast Weissgluth	nach einer Glühzeit von 1 1/2 Std.
10	26/3 1888	0.1	3	— 68	+31	38	" "	" " " " 14 Std.
11	17/4 1888	0.2	78	+ 33	+98	37	" "	" " " " 26 Std.
12	17/4 1888	0.2	0.27	— 67	—27	37	" "	" " " " 28 Std.

Man beachte schon hier, dass die Vacuumwerthe beim Einlassen von Luft sofort in positive übergehen oder doch in positivem Sinne bedeutend gesteigert werden, auch wenn der Draht stunden-, ja tagelang (vergl. Nr. 9 bis 12 der Tabelle) in dem Vacuum geglüht worden war.

Die Apparate sind in Bezug auf das Eindringen von Luft so empfindlich, dass sich kleine, oft erst nach langem Suchen auffindbare Sprünge an den Einschmelzstellen der Drähte dadurch verathen, dass der Vacuumwerth plötzlich in den positiven übergeht.

Sieht man daher von dem äussersten Grade der Verdünnung ab, so ist hiermit das Factum experimentell bewiesen, dass die Elektrode in Luft, falls nur die Dichte des Gases eine genügend grosse ist, positiv elektrisch erscheint. Auch wo dies scheinbar nicht der Fall ist, wie z. B. bei dem Versuche Nr. 12, würde durch erneutes Einlassen von Luft sicher eine weitere Abnahme des negativen Werthes und bei genügender Dichte ein positiver Werth beobachtet worden sein.

Es scheinen uns die Versuche, welche angestellt wurden, nachdem der Draht stundenlang heller Gelbgüth oder fast Weissgüth ausgesetzt war, besonders beachtenswerth. Es liegt hierin nämlich ein principieller Unterschied gegen unser früheres Verfahren, bei welchem wir den Draht nur so lange glühten, als die Messungen währten. Länger andauernde Glühzeiten zu verwenden, wurden wir veranlasst durch den Aufsatz Berliner's,¹ in welchem derselbe zeigte, dass eine relativ lange Zeit dazu gehört, durch Glühen einen dünnen Platinstreifen von allen occludirten Gasen zu befreien. Man könnte daher unsere früheren Versuche so auffassen, dass die von dem glühenden Körper ausgegebenen occludirten Gase die Elektrisirung der Luftpole bewirkten. Wenn uns auch nach den Versuchen mit verdünnter Luft diese Auffassung als nicht berechtigt erschien, so haben wir doch in allen Gasen derartige, sehr lang andauernde Glühversuche vorgenommen.

§. 6.

Es lag nahe, zunächst die beiden Gemengtheile der Luft einzeln zu untersuchen.

¹ Berliner, Wied. Ann. B. 33, S. 289, 1888.

Leider konnten wir keine Methode ausfindig machen, ein genügend reines Vacuum über Stickstoff herzustellen. Die Methoden, welche gewöhnlich angegeben werden, um den Sauerstoff aus dem Vacuum zu entfernen, erwiesen sich als unzulänglich. Ein blankes, dünnes Kupferblech zum Beispiel, das in einem seitlich angeschmolzenen Röhrchen befindlich war, lief zwar beim Erwärmen an, gab aber dabei so viel Gas aus, dass die Reinheit des vorhandenen Stickstoffs nicht garantirt werden konnte. Eine bessere Methode schien uns die zu sein, mit dem Recipienten einen zweiten zu verschmelzen, in welchem eine Spirale aus Eisendraht galvanisch zum Glühen gebracht wurde. Auch hier wurde der vorhandene Sauerstoff vernichtet, doch gab dafür die Spirale Spuren von Gasen aus, deren Natur nicht zu controliren war.

Es scheint indessen soviel aus diesen Versuchen hervorzugehen, dass Stickstoff in seinem Verhalten der atmosphärischen Luft nahe stehen wird; wenigstens ergaben sich in einem, zwar nicht reinen, über Stickstoff hergestellten Vacuum Ladungen, die zwischen $+0.5$ bis $+1$ Daniell lagen.

Ein spezifisches Verhalten zeigte dagegen der Sauerstoff. Während wir in unseren früheren Untersuchungen bei Verwendung des Paquelin'schen Brenners einen Einfluss der Natur des Gases nicht constatiren konnten, trat ein solcher überhaupt in stark verdünnten Räumen in ausgesprochener Weise zu Tage. Zum grossen Theil schreiben wir dies übrigens dem Umstande zu, dass der Glühzustand, wie man ihn durch einen galvanisch glühenden Draht hervorbringen kann, ein bei weitem höherer ist, als bei Anwendung des Paquelin'schen Brenners. So zeigte sich schon bei den Vorversuchen, dass Entwickeln von Sauerstoff die positive Elektrisirung der Metallplatte steigert. In Tab. VIII haben wir 15 Versuche zusammengestellt, in ganz analoger Weise wie in §. 5, aus denen zu erschen ist, dass namentlich bei Anwendung von dicken Drähten elektromotorische Kräfte — selbst in sehr hohem Vacuum — beobachtet werden, die drei Daniell (Tab. VIII, Nr. 7) betragen.

Auch hier zeigt sich übrigens mit der Dauer des Glühens im Vacuum das gleiche Verhalten wie in Luft; allmählig, aber weit langsamer schwinden auch hier die positiven Werthe und machen negativen Platz.

Tabelle VIII.

Entwickeln von Sauerstoff ruft stets beträchtliche positive Werthe für e hervor.

Nr.	Datum	Draht- dicke in mm	Druck nach dem Ent- wickeln von O	Va- cuum- werth	Werthe für e nach dem Entwickeln	Da- niell	Glühzustand	Bemerkungen
1	27/11 1887	0.4	0.00036	-16	+ 85	59	helle Gelbgluth	Glühzeit zwischen $\frac{1}{2}$ und 2 Stunden.
2	28/11 1887	0.4	<1	-15	+ 55	59	fast Weissgluth	
3	1/12 1887	0.4	0.00027	-29	+ 46	57	Weissgluth	
4	7/12 1887	0.4	0.0288	-47	+ 112	56	fast Weissgluth	
5	8/12 1887	0.4	<1	-32	+ 70	56	" "	Unmittelbar nach dem Evacuiren, da- her der Vacuumwerth positiv.
6	29/12 1887	0.4	0.00025	+52	+123	61	helle Gelbgluth	
7	19/1 1888	0.4	<0.0002	—	+147	49	" "	Hier war der Apparat von vornherein mit O gefüllt.
8	12/2 1888	0.2	0.148	+ 5	+ 70	46	" "	Hier war der Apparat von vornherein mit O gefüllt. Nach 13 Std. Glühzeit.
9	12/2 1888	0.2	0.140	-23	+ 63	46	" "	Nach 14 Stunden Glühzeit.
10	12/2 1888	0.2	0.0908	+18	+ 57	46	" "	Nach 15 Std. Glühzeit O entwickelt.
11	11/3 1888	0.2	0.0480	+72	+ 90	48	" "	Unmittelbar nach dem Evacuiren O ent- wickelt, daher d. Vacuumwerth positiv.
12	12/3 1888	0.2	<1	-51	+ 83	48	fast Weissgluth	Nach 21 Stunden Glühzeit.
13	19/4 1888	0.2	<1	-21	+ 44	37	" "	Nach 3 Std. Glühzeit O entwickelt.
14	29/5 1888	0.2	<1	+10	+ 75	37	" "	Unmittelbar nach dem Evacuiren.
15	9/5 1888	0.2	<1	-51	+ 57	38	helle Gelbgluth	

Aber man beachte, dass, sobald man Sauerstoff entwickelt, auch nach sehr langer Glühzeit (bei Nr. 12 z. B. nach 21 Stunden) sofort wieder hohe positive Werthe auftreten. Im Allgemeinen wirken hier dicke Drähte weit kräftiger als feine; bei letzteren gelingt es nach stundenlangem Glühen häufig schwer, die anfänglich beobachteten hohen Werthe wieder hervorzurufen.

Es dürfte von Interesse sein, eine der in vorstehender Tabelle verzeichneten Versuchsreihen im Einzelnen kennen zu lernen. In dem Apparate Fig. 3 war zwischen den Schräubchen *ss'* ein Platindraht von 0.2 mm Dicke ausgespannt, der über eine Nähnadel — die natürlich vor dem Beginne der Glühversuche entfernt wurde — zu einer sehr engen Spirale aufgewickelt war. Es empfiehlt sich die Verwendung solcher Spiralen desshalb, weil sie weniger leicht durchschmelzen als gerade Drähte. Wegen der bedeutenderen Helligkeit einer glühenden Spirale kommt man weniger leicht in Versuchung, den Glühzustand höher zu treiben, als es der Draht verträgt. Die Platte *P* war von der Spirale 14 mm entfernt; der Sauerstoff wurde in der oben angegebenen Weise aus einem angeschmolzenen, mit chlorsaurem Kali beschickten Glasröhrchen entwickelt.

Die Versuchsreihe wurde begonnen am 11. März 1888, 5³/₄ h p. m. Nachdem zuvor der Recipient bis auf einen Druck von 0.004 mm evacuirt worden war, wurde die Spirale ins Glühen versetzt und, um die etwa von dem glühenden Drahte ausgehenden Gase fortzuschaffen, der Apparat noch neunmal evacuirt, bis zuletzt zweimal hintereinander der Quecksilberstrahl im Auslassröhr der Pumpe hart auftraf. Jetzt wurde gemessen; es fand sich bei Weissgluth: $e = +75$, Daniell = 48, $p = 0.0002$. Nun wurde Sauerstoff entwickelt und evacuirt bis $p = 0.0469$, dann wurde nicht weiter evacuirt, sondern vielmehr von Zeit zu Zeit sowohl e , wie auch p bestimmt, und zwar bei verschiedenen Glühzuständen.

In Tab. IX sind die zu verschiedenen Zeiten beobachteten Werthe dieser Grössen zusammengestellt. Wie man sieht, erhalten sich die hohen Sauerstoffwerthe stundenlang constant und nehmen erst merklich ab nach einer Glühzeit von über vier Stunden.

Man beachte die bemerkenswerthe Thatsache, dass mit der Abnahme der Werthe für e eine Abnahme des in dem Recipienten enthaltenen Gasquantums Hand in Hand geht, wie aus

dem stetigen Kleinerwerden der für p ermittelten Zahlen hervorgeht.

Tabelle IX.

Verhalten eines glühenden Platindrahtes bei stundenlangem Glühen in O.

$S = 14\text{ mm}$; $d = 0.2\text{ mm}$; Daniell von Nr. 1 bis 9 = 48, von Nr. 10 bis 16 = 42; Datum: 11. und 12. März 1888.

Nr. der Beobachtung	1	2	3	4	5	6	7	8
Glühzustand ¹	h. G.	f. W.	G.	W.	W.	h. G.	G.	W.
Druck in mm	0.0480				0.0369			0.0234
Glühzeit	1 Min.	5 Min.	10 Min.	50 Min.	2 Stunden			3 ³ / ₄ St.
Elektrom. Kraft e	+ 92	+ 90	+ 86	+ 88	+ 78	+ 81	+ 56	+ 79
EK für $D = 100$	+192	+187	+179	+183	+162	+169	+117	+165

Nr. der Beobachtung	9	10	11	12	13	14	15	16
Glühzustand	h. G.	h. G.	W.	W.	h. G.	W.	W.	G.
Druck in mm	0.0234	0.0069		0.0069	0.0069	—	0.0088	
Glühzeit . . .	3 ³ / ₄ St.	13 ¹ / ₂ St.		{ 15 ¹ / ₂ St.	18 ¹ / ₂ St.	19 ¹ / ₂ St.	{ 20 ¹ / ₂ St.	
Elektrom. Kraft e . . .	+ 81	+38	+19	+24	+23	+ 4	—28	+ 9
EK für $D. = 100$. .	+169	+90	+45	+57	+55	+ 9	—67	+21

Ferner beachte man, dass anfangs zwischen heller Gelbgluth (h. G.) und Weissgluth (W.) kein wesentlicher Unterschied besteht, dass dieser aber immer mehr hervortritt, je mehr von dem vorhandenen Sauerstoff verzehrt wird. Dieses Schwinden des Sauerstoffes hat ohne Frage seinen Grund in einer Oxydation des Platins. In der That lässt sich auch der gelblichbraune Befug der Glaswand als Platinoxyd chemisch nachweisen.

¹ Es bedeutet: G. Gelbgluth; h. G. helle Gelbgluth; f. W. fast Weissgluth; W. Weissgluth.

Derselbe wird sofort wieder zu Platin reducirt — was an einer Farbenänderung des Befluges wahrgenommen werden kann — sobald man etwas Wasserstoff in den erwärmten Recipienten eintreten lässt.

Obige Versuchsreihe wurde nach der 16. Messung noch nicht abgebrochen, sondern, da sich bei der letzteren eine geringe Druckzunahme gezeigt hatte, so wurde das im Recipienten enthaltene geringe Gasquantum herausgeschafft und von neuem Sauerstoff entwickelt. Durch das fortgesetzte Evacuiren war e bei Weissgluth auf -51 gesunken; als jedoch der Recipient wieder Spuren frischen Sauerstoffes enthielt, fanden sich dieselben, in Tab. X zusammengestellten hohen Werthe wieder, wie am Tage vorher.

Tabelle X.

Daniell = 42, sonst alles wie bei Tab. IX.

Nr. der Beobachtung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Glühzustand . .	f. W.	f. W.	f. W.	f. W.	f. W.	höher	noch höher	Der Draht ist dem Durchschmelzen nahe; W.	f. W.
Druck in mm. . .	0.0360	0.0141	0.008	$p < 0.0002$, fortgesetzt evacuirte					
Glühzeit	22 Stunden								23 St.
Elektrom. Kraft e	+ 75	+ 82	+ 85	+ 87	+ 88	+ 28	+ 22	+ 19	+ 86
Ek für D. = 100	+ 178	+ 195	+ 202	+ 207	+ 198	+ 67	+ 52	+ 45	+ 205

Bei dieser Reihe wurde zugleich versucht, die hohen positiven Werthe durch äusserst hohen Glühzustand zu vernichten. Doch blieb die Platte positiv, selbst als die Spirale dem Durchschmelzen nahe war (Nr. 8 der Tabelle).

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass vor dem Unterbrechen des Stromes controlirt wurde, ob sich nicht während der langen Glühzeit eine unsymmetrische Vertheilung der Elektricität auf dem Stromkreise ausgebildet hatte. Zu dem Ende wurde das

berechnete x mit dem beobachteten x' verglichen. Für beide fand sich der identische Werth 75·0, so dass also auch die zuletzt für e beobachteten Zahlen volles Vertrauen verdienen.

Der Recipient zeigte jenen oben erwähnten gelblichbraunen Beflug von Platinoyd. Derselbe hatte sich in den letzten acht Stunden ganz besonders stark ausgebildet. Diese Thatsache scheint den Versuchen Berliner's¹ zu widersprechen, nach welchen eine Zerstäubung des Metalls nach einigen Stunden Glühzeit nicht mehr eintreten soll. Bei der Versuchsanordnung, wie sie von uns getroffen wurde, ist indessen wohl eine Verdampfung der Metalle mit im Spiele; wir werden später Fälle kennen lernen, in welchen sich binnen zwei Minuten ein Recipient inwendig vollständig spiegelnd mit Metall belegt.

Ein Einwurf, der gegen das hier verwendete Verfahren gemacht werden könnte, ist der, dass durch das Erhitzen des chloresauren Kalis und die dabei stattfindende ziemlich lebhafte Gasentwicklung Chlorkaliumtheilehen in den Recipienten mit hineingerissen werden, Platindraht und Platte überkleiden und alsdann bei ihrer Verdampfung die Steigerung der elektromotorischen Kraft bewirkten. Man kann sich aber leicht überzeugen, dass dieser Einwand nicht stichhaltig ist.

Spannt man nämlich zwischen den Haken *IK* (Fig. 3) eine zweite Spirale von Platindraht aus, so kann letztere anstatt der Platte als Luftpole dienen, nachdem sie zuvor durch längeres Ausglühen mittelst des Stromes von jedem Befluge gereinigt worden ist. Man erhält alsdann fast dieselben Werthe wie bei Verwendung der Platte.

Somit haben sich im Sauerstoffvacuum gegen das über atmosphärischer Luft hergestellte folgende Unterschiede herausgestellt:

1. Die Ladung der Luftpole erreicht im Sauerstoff selbst bei sehr hohem Vacuum unter günstigen Verhältnissen drei Daniell.
2. Diese Ladung ist constanter, als die Ladung in Luft und nimmt erst allmählig ab, wenn der Sauerstoff durch die fortwährende Bildung von Platinoyd der Hauptsache nach verzehrt ist.

3. So lange noch frisch entwickelter Sauerstoff vorhanden ist, tritt bei Weissgluth im Vergleich zu heller Gelbgluth nur eine

¹ Berliner, l. c.

ganz geringe Abnahme der elektromotorischen Kraft ein. Letztere wird erst bedeutender, wenn die Glühzeit circa 10 Stunden überschreitet.

4. Auch in einem über Sauerstoff hergestellten Vacuum findet bei genügend langem Glühen ein Umschlagen der positiven Werthe in negative statt, aber viel später als in Luft.

Fügen wir noch hinzu, dass die durch die Sauerstoffentwicklung eintretende Steigerung der positiven Werthe auch bei ganz ausgeglühten Platindrähten eintritt, und dass die geringsten Spuren frisch entwickelten Sauerstoffs genügen, die anfänglichen hohen positiven Werthe sofort wieder hervortreten zu lassen, so dürfte damit eine vollständige Zusammenstellung der in Bezug auf den Sauerstoff experimentell ermittelten Resultate gegeben sein.

§. 7.

Bei ganz analogen Versuchen in Wasserstoff fanden wir zunächst unsere Beobachtung¹ bestätigt, dass die elektrische Erregung die entgegengesetzte ist, wie in atmosphärischer Luft. Verwendet man einen Recipienten der Form Fig. 1 mit 0.4 mm dickem Platinbügel und evacuirt denselben nur so weit, dass bei heller Gelbgluth für e noch ausgesprochen positive Werthe resultiren, so tritt sofort eine negative Elektrisirung der Luft-elektrode ein, sobald man den im Ansatzrohr (N) befindlichen Palladium draht erwärmt.

Das Wärmeleitungsvermögen auch sehr verdünnten Wasserstoffs muss ein ganz ungemein hohes sein, denn schliesst man bei der Entwicklung den zur Pumpe führenden Hahn, so dass das entwickelte Gas sich nicht in die Pumpe verbreiten kann, so erlischt der Draht vollständig; stellt man alsdann nach Schluss der Entwicklung wieder Communication mit der Pumpe her, so zeigt das Manometer häufig noch nicht einen Millimeter Druck an, während der Glühzustand des Drahtes nur auf kaum sichtbare Rothgluth ansteigt.

Auch die elektrische Leitungsfähigkeit ist eine viel bedeutendere, als die verdünnter Luft, worauf schon im §. 3 hingewiesen wurde. Während wir früher eine Zerstäubung des

¹ J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. 31, S. 123, 1887.

Platins in Wasserstoff von gewöhnlichem Drucke¹ nicht nachweisen konnten, tritt eine solche in verdünntem Wasserstoff bei genügend hohem Glühzustande sehr lebhaft ein. Doch haben wir auch hier die Beobachtung gemacht, dass die Zerstäubung durchaus nicht nur in den ersten Stunden des Glühens statthat, sondern dass sie selbst nach zwanzigstündigem Glühen noch deutlich wahrnehmbar ist. Auch hier spielt ohne Frage bei genügend hoher Gluth ein Verdampfen des Platins mit hinein.

In Tab. XI sind die für e bei einer Versuchsreihe gefundenen Werthe verzeichnet. Verwendet wurde ein Recipient Fig. 1 mit 0.4 mm starkem Platindraht. Die Lufterlektrode befand sich circa 15 mm über dem Glühdrahte. Bei einem Drucke von 0.006 mm hatte sich für e ein positiver Werth +67 (Daniell = 56) durch die Messungen ergeben, solange kein Wasserstoff entwickelt war. Nachdem das Palladium erwärmt war, wurden folgende Grössen gemessen:

Tabelle XI.

Im Wasserstoff ergeben sich für e negative Werthe.

$S=15\text{ mm}$; $d=0.4\text{ mm}$; Füllung: H; Daniell = 56. Datum: 26. November 1887. Es wurde fortgesetzt evacuirt.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Glühzustand ..	f. W.	f. W.	f. W.	f. W.	Rothgluth	W.	W.	W.	W.
Druck in mm ..	0.1655	0.0267	0.0053	0.00049	0.00049	0.00025	< 0.0002		
e	-53	-66	-73	-64	-20	-57	-54	-50	-50
EK für $D.=100$	-95	-118	-130	-114	-36	-102	-96	-89	-89

Bei der in Tab. XI mitgetheilten Versuchsreihe scheint das im Recipienten enthaltene Wasserstoffgas sehr rein gewesen zu sein, da selbst bei Rothgluth (Nr. 5, Tab. XI) für e sich ein negativer Werth ergibt. Dies ist nämlich durchaus nicht immer der Fall, sondern meist ist die Elektrisirung der Platinplatte im Wasserstoff auch eine positive, wenn sich der Draht nicht in

¹ L. c. p. 126.

Tabelle XII.

Entwickeln von H bewirkt eine Steigerung der negativen Werthe von e .

Nr.	Datum	Draht- dicke d in mm	Druck p in mm	Vacuum- werth	Werth von e nach dem Entwickeln	Daniell	Glühzustand	Bemerkungen
1	$19/10$ 1887	0.3	<1	+34	-38	49	helle Gelbgluth	Glühzeit zwischen $1/2$ und 2 Stunden vor dem Ent- wickeln von H.
2	$1/11$ 1887	0.4	0.0045	-28	-79	58	Weissgluth	
3	$26/11$ 1887	0.4	0.0053	+66	-73	53	fast Weissgluth	
4	$1/12$ 1887	0.4	<0.0002	-0.5	-75	56	Weissgluth	
5	$19/1$ 1888	0.4	0.538	-21	-89	48	Weissgluth	
6	$27/3$ 1888	0.1	0.330	+50	-8	39	fast Weissgluth	Glühzeit: 18 Stunden vor dem Entwickeln von H.
7	$17/4$ 1888	0.2	0.0980	-20	-19	37	fast Weissgluth	Glühzeit: 38 Stunden vor dem Entwickeln von H.
8	$9/5$ 1888	0.2	0.0097	-16	-57	38	helle Gelbgluth	Unmittelbar nach dem Eva- cuiren.

[1205]

Elektricitätsentw.

31

heller Gelbgluth befindet. Doch haben wir öfter Gelegenheit gehabt, auch negative Werthe für e bei Rothgluth zu beobachten. Es ist möglich, dass die positive Elektrisirung im Wasserstoff bei Rothgluth durch Spuren zurückgebliebener Luft ihre Erklärung findet. Man beachte auch, dass mit Entfernung des Wasserstoffs die Werthe für e ganz bedeutend abnehmen, dass aber die Steigerung des Glühzustandes an sich ein Umschlagen der negativen Ladung in eine positive nicht hervorbringt.

Das gleiche Resultat ergibt sich auch aus Tab. I B, wo die aufeinanderfolgenden Werthe von e bei successiver Evacuation gewonnen wurden.

Die hier beschriebenen Erscheinungen treten bei 0.3 bis 0.4 mm dicken Platindrähten mit voller Sicherheit auf. In Tab. XII sind eine Anzahl entsprechender Versuche zusammengestellt.

So einfach die Verhältnisse liegen bei Verwendung dicker Drähte, so complicirt werden die Erscheinungen, wenn die Drahtdicke kleiner oder höchstens gleich 0.2 mm gewählt wird. Aus Tabelle I B ist schon ersichtlich, dass auch im Wasserstoff die Werthe für e das Bestreben haben, mit zunehmender Verdünnung herabzusinken, eine Erscheinung, die bei dünnen Drähten in viel schnellerem Verlaufe zu Tage tritt als bei dicken. Bei ersteren findet hier bald, gerade wie in Luft, ein Zeichenwechsel statt.

In Tab. XIII ist eine Reihe angegeben, bei welcher in dem Recipienten Fig. 3 ein 0.2 mm dicker Platindraht lange Zeit in Wasserstoff dem Glühen ausgesetzt wurde.

Tabelle XIII.

Bei dünnen Drähten findet auch im H ein Vorzeichenwechsel statt.

$S = \text{circa } 12 \text{ mm}$; $d = 0.2 \text{ mm}$; Daniell = 31; Datum: 15. April 1888.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Glühzeit ...	5 Min.	$\frac{1}{2}$ St.	3 St.	4 St.	8 St.	11 St.	20 St.
e	-43	-36	-3	+17	+51	+60	+54
p	0.0940		{Um die ausgegebenen Gase fort- zuschaffen, wurde evacuirte bis $p = 0.0198$ }				0.0180

Während beim Glühen im Sauerstoff sich stets eine Abnahme des im Recipienten befindlichen Gasquantums herausstellt, haben wir in denselben Apparaten bei Wasserstofffüllung stets eine Zunahme beobachtet, die uns zwang, um ein genügend hohes Vacuum zu wahren, ab und zu die ausgegebenen Gase durch Evacuiren fortzuschaffen. Es ist klar, dass daher bei Glühversuchen im Wasserstoff nach längerer Glühzeit die Reinheit des vorhandenen Gases nicht mehr garantirt werden kann. Derartige Versuche, wie die in Tab. XIII angegebenen, haben wir mit den verschiedensten Apparaten angestellt und immer mit dem gleichen Erfolge.

Der Vorzeichenwechsel liesse sich ja sehr ungezwungen erklären durch die Annahme, dass in die Recipienten langsam Luft diffundire; Undichthalten der Pumpe glauben wir indessen als ausgeschlossen annehmen zu müssen, denn die Druckzunahme zeigte sich nur, wenn der Draht glühte.

War dies nicht der Fall und blieben die Apparate gleichlange Zeit sich selbst überlassen, so war ein Eindringen von Luft in dieselben nicht zu constatiren.

Vielleicht ist diese Druckzunahme den Feuchtigkeitsresten zuzuschreiben, welche die Glaswände der Recipienten bedecken. Indem dieselben allmählich verdampfen, gerathen sie in Berührung mit dem glühenden Drahte und werden zersetzt, ihr Sauerstoff verbindet sich mit dem Platin, während Wasserstoff in Freiheit gesetzt wird. Indessen erschien es uns nothwendig zu entscheiden, ob die beobachtete Änderung der elektromotorischen Kraft allein zurückzuführen sei auf diese Änderung des den Draht umhüllenden Gases, oder auch auf eine durch den Glühprocess herbeigeführte moleculare Änderung des Platindrahtes. Diese Frage liess sich in folgender Weise der Entscheidung näher bringen. Es wurde zwischen die Platinhäkchen *IK* des Apparates Fig. 3 eine zweite, nahezu gleichgrosse Spirale von gleicher Drahtdicke ausgespannt, so dass also zwei einander kreuzende, sich natürlich nicht berührende, gleich grosse Spiralen im Apparate vorhanden waren; die zwischen *s* und *s*₁ ausgespannte wurde fortwährendem Glühen unterworfen, während die obere, die „Querspirale“, nur bisweilen benützt wurde, in den Zwischenzeiten aber nicht glühte. Es ergab sich hier das überraschende Resultat, dass die Querspirale die Platte *P* lebhaft negativ elektrisirte, während

der untere, fortwährend glühende Draht dieselbe bereits nach vier Stunden Glühzeit positiv lud, wie aus der nachfolgenden Tabelle XIV zu ersehen ist.

Tabelle XIV.

Verschieden lange Zeit geglühte Drähte geben in demselben Raume dem Vorzeichen nach verschiedene Werthe für e .
Datum: 15. April 1888.

Nr. der Beobachtung	1	2	3	4
Glühzeit	4 Std.	11 Std.	24 Std.	26 Std.
e für { die untere Spirale	+17	+60	+39	+34
{ die Querspirale...	-80	-56	-53	-51
Druck in mm	0·02 bis 0·04		<0·0002	

Der Vorzeichenwechsel der Ladung der Lufterlektrode scheint nach diesen Versuchen wesentlich durch eine Änderung des Drahtes bedingt zu sein. Worin diese Änderung vielleicht besteht, soll später erörtert werden.

Schon im Eingange dieses Paragraphen wurde darauf hingewiesen, dass auch im Wasserstoff ein lebhaftes Befliegen der Glaswände eintritt. Den gleichen bläulichen Beflug zeigt natürlich auch die Lufterlektrode. Letzterer stört jedoch die Erscheinung nicht. Dies zeigt sich, wenn man die Querspirale als Lufterlektrode benützt, nachdem sie zuvor durch Ausglühen von jedem Anfluge befreit ist. In Tab. XV sind die Werthe zusammengestellt, die sich bei der oben angegebenen Anordnung ergaben, je nachdem blankes oder beflogenes Platin als Lufterlektrode diene.

Tabelle XV.

Beflogenes Platin gibt dieselben Werthe als Lufterlektrode verwendet, wie blankes.

Datum: 15. April 1888.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Glühzeit	1/2 St.	3 St.	6 St.	8 St.	11 St.	20 St.	26 St.
Blankes Platin e	-34	-21	+34	+40	+50	+45	+27
Beflogenes Platin e ..	-36	-3	+45	+51	+60	+54	+34
Druck in mm	0·0400				0·0400	0·0200	<0·0002

Beim Vergleiche der entsprechenden Werthe hat man zu beachten, dass die beiden Elektroden sich naturgemäss in verschiedener Entfernung von dem Glühdrahte befanden. Absolute Übereinstimmung ist also nicht zu erwarten. Der Gesamtverlauf der Erscheinung ist aber für beide Elektroden derselbe.

Das schon früher erwähnte Factum, dass im Momente des Erglühens viel höhere negative Werthe beobachtet werden, als wenn der Draht etwa eine Minute geglüht hat, tritt bei Anwesenheit von Wasserstoff ganz besonders stark hervor. Wir haben einige diesbezügliche Messungen angestellt und fanden:

Tabelle XVI.

Im Erglühen ergeben sich für e negative Werthe.

Hohes Vacuum; $S = \text{circa } 12 \text{ mm}$; $d = 0.2 \text{ mm}$; Glühzeit: 4 Stunden; Datum: 13. Februar 1888; Daniell = 47.

Inhalt: Gemisch von Luft und H.

Nr.	1	2	3
Im Erglühen $e =$	-62	-75	-33
Nach 2 Minuten $e =$	+12	+ 2	+ 4

Bei Nr. 1 und 2 fand nur eine momentane Unterbrechung des Glühens statt, bei Nr. 3 währte dieselbe 14 Stunden.

Die hier besprochene Erscheinung scheint uns hervorgerufen zu werden durch das Wasserstoffgas, mit dem der Draht sich bei seiner Abkühlung überzieht, und das nun im Momente des Erglühens mit grosser Vehemenz abgestossen wird und so für den Augenblick eine Wasserstoffatmosphäre von grösserer Dichtigkeit um den Glühdraht schafft.

Es ist übrigens im Allgemeinen schwierig, mit dünnen Drähten zuverlässige Resultate in einer Wasserstoffatmosphäre zu erhalten. Viele Reihen haben wir verwerfen müssen, weil sich schliesslich herausstellte, dass störende Widerstandsänderungen vorgegangen waren.

Es schien uns desshalb nöthig, eine Reihe durchzuführen, bei welcher die Spannung des Glühstromes möglichst eliminirt war;

zugleich wählten wir das Vacuum nicht allzu hoch, um die Einwirkung etwaiger Verunreinigungen möglichst herabzumindern. Wir verwandten, um das erstere zu erreichen, einen Recipienten mit Schleifendraht (Fig. 6), reinigten denselben sehr sorgfältig und begannen den Glühprocess, nachdem zweimal mit Wasserstoff ausgespült worden war. Vor dem Entwickeln von Wasserstoff hatte sich e zu circa $+1$ Daniell bestimmt; die weiteren Beobachtungen sind in Tab. XVII ausführlich verzeichnet. Dieselbe lehrt, dass bei einigermaßen grosser Gasdichte sich auch im Wasserstoff constante Werthe ergeben, die von der Glühzeit unabhängig erscheinen. Die dauernden, nicht im Erglühen eintretenden Ladungen der Luftpotelektrode dürften daher der Einwirkung occludirten Wasserstoffs nicht zuzuschreiben sein.

Tabelle XVII.

Die elektromotorische Kraft bleibt in H von etwas grösserer Dichte lange Zeit constant.

Schleifendraht von 0.2 mm Stärke; S = circa 15 mm; Glühzustand: helle Gelbgluth; Datum: 20./21. Juni 1888; Daniell=25.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Glühzeit	$1\frac{1}{4}$ St.	$1\frac{2}{3}$ St.	$2\frac{1}{2}$ St.	3 St.	$3\frac{2}{3}$ St.	$4\frac{2}{3}$ St.	$6\frac{1}{2}$ St.	$14\frac{2}{3}$ St.	$15\frac{1}{2}$ St.	$17\frac{1}{3}$ St.
Druck in mm	0.0603	0.0626	0.0735	0.0760	0.0820	0.0833	0.0863	0.1018	0.1030	0.1030
$e+x$...	-17	-27	-30	-35	-39	-38	-42	-32	-35	-32
$e-x$...	-18	-29	-32	-36	-39	-38	-42	-34	-37	-34
e	-17.5	-28	-31	-35.5	-39	-38	-42	-33	-36	-33
x	0.5	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0
EK für D.=100	-70	-112	-124	-142	-156	-152	-168	-132	-144	-132

Wir versuchten nun durch Einlassen von Luft den Sinn der Elektrisirung umzukehren, nachdem der Draht fast 18 Stunden geglüht hatte. Dies gelang zwar, doch sind die positiven Werthe

auffallend klein. Wir fanden als letzten Wasserstoffwerth: $e = -140$ (Daniell = 100), nach einmaligem Lufteinlassen, nachdem zuvor das H entfernt war: $p = 0.0158$, $e = -4$; nach nochmaligem: $p = 0.0694$, $e = +2$. Dann wurde abermals das vorhandene Gas herausgeschafft und wieder Luft eingelassen; jetzt fand sich: $p = 0.0288$, $e = +24$, ein Werth, der bei fernerm Evacuiren auf $+48$, alles für Daniell = 100 berechnet, stieg.

Eine derartige Unempfindlichkeit oder Trägheit in Wasserstoff ausgeglühter Drähte haben wir häufig zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Fassen wir die Beobachtungen bezüglich des Wasserstoffs noch einmal kurz zusammen, so ergibt sich Folgendes:

Platindrähte von 0.3 bis 0.4 mm Dicke elektrisiren die Luftpole stets, auch bei hohen Verdünnungen, negativ. Drähte von 0.1 bis 0.2 mm Dicke geben diese negative Ladung der Luftpole nur, wenn die Gasdichte nicht allzu sehr heruntersinkt und die Glühzeit nicht allzu lange währt; im anderen Falle erscheint auch hier die Luftpole positiv geladen. Durch langes Glühen ändern sowohl das Gas, wie auch die Drähte ihre Beschaffenheit, so dass es geschehen kann, dass in derselben Gasmasse zwei gleich dicke Drähte von nahe gleichem Glühzustand selbst dem Vorzeichen nach verschiedene Werthe für e liefern können. Durch Steigerung des Glühzustandes tritt im Wasserstoff stets eine Steigerung der negativen Ladung der Luftpole ein; wir haben immer den höchsten negativen Werth beobachtet, wenn der Draht dem Durchschmelzen nahe war.

Occludirte, respective an der Metalloberfläche verdichtete Gase haben nur insofern einen Einfluss, als sie im Momente des Erglühens des Drahtes eine stärkere negative Elektrisirung der Luftpole herbeiführen.

Auch wurde gezeigt, dass die sich bildenden Befläge zwar noch eintreten nach 10- bis 20-stündiger Glühzeit, dass sie aber an sich den Verlauf der beobachteten Erscheinung nicht stören.

§. 8.

Die Quecksilberluftpumpen haben den Nachtheil, dass es äusserst schwer, wenn nicht unmöglich ist, aus den evacuirten

Räumen den Quecksilberdampf zu entfernen. Ja, es ist sogar höchst wahrscheinlich, dass derselbe von einem bestimmten Grade der Verdünnung ab, den hauptsächlichsten Inhalt der Recipienten bildet. Anfangs waren wir geneigt, den Vorzeichenwechsel in der Ladung auf die Anwesenheit von Hg-Dämpfen zurückzuführen. Um dieselben aus den Recipienten zu entfernen, schalteten wir eine Glasröhre zwischen den Recipienten und dem zur Pumpe führenden Hahn ein, die in der Mitte mit gestossenem Schwefel, an den beiden Enden mit blanken metallischen Kupferdrahtstückchen gefüllt war. Hiedurch wurde jedoch im Allgemeinen nichts geändert; es stellten sich genau die in §. 3 beschriebenen Erscheinungen ein, ohne dass irgend eine wesentliche Modification bemerkbar geworden wäre.

Da es jedenfalls leichter ist, einen Raum mit Quecksilberdampf zu sättigen, als letzteren gänzlich zu beseitigen, so stellten wir Versuche an in Räumen, aus denen die Luft nach Möglichkeit entfernt und durch Quecksilberdampf ersetzt war.

Einige Gramm dieses Metalles wurden nämlich in den Recipienten, bevor er an die Pumpe angeschmolzen wurde, eingeführt. Die durch das Glühen des Drahtes erzeugte Wärme genügte, eine lebhafte Verdampfung des Quecksilbers herbeizuführen.

Dabei trat zu Tage, dass das Zeichen der *EK* dasselbe blieb, wie zu Anfang des Versuches, also durch die Entwicklung des Quecksilberdampfes nicht beeinflusst wurde; es ist daher in hohem Grade wahrscheinlich, dass Hg-Dampf an sich gar nicht elektromotorisch wirkt, sondern dass die beobachteten Werthe lediglich den Spuren fremder Gase zugeschrieben werden müssen, deren gänzliche Entfernung ausser dem Bereiche der Möglichkeit liegt.

Es liess sich bei den in Tab. XVIII angegebenen Versuchen die Evacuierung ungemein weit treiben, da die Luftverdünnung durch das fortwährende Entwickeln von Quecksilberdampf wesentlich unterstützt wird. Spectroskopisch konnte ein anderes Gas als Hg-Dampf nicht nachgewiesen werden. In der folgenden Tabelle sind zwei Versuchsreihen angeführt, die den obigen Schluss zu rechtfertigen scheinen.

Tabelle XVIII.

Höchst wahrscheinlich wirkt Quecksilberdampf nicht elektromotorisch.

A. Versuche mit Schleifendraht (Fig. 6) von 0.2 mm Dicke; $S = \text{circa } 4 \text{ mm}$; Glühzustand: helle Gelbgluth; Datum: 15. September 1888; Daniell = 20.

I. Der anfängliche Vacuumwerth war negativ.

Ergebnisse nach dem Entwickeln von Quecksilberdampf.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Glühzeit ...	5 Min.	15 Min.	22'	35'	43'	1 $\frac{1}{4}$ St.	1 $\frac{1}{2}$ St.	1 $\frac{3}{4}$ St.
Druck	0.0064	0.0014	< 0.0002 fortgesetzt evacuirt					
e	- 20	- 21	- 23	- 25	- 24	- 25	- 27	- 24
EK für D. = 100 ..	-100	-105	-115	-125	-120	-125	-135	-120

II. Der anfängliche Vacuumwerth war positiv.

Ergebnisse nach dem Entwickeln von Quecksilberdampf.

Nr.	1	2	3	4	5 ¹	Bemerkungen
Glühzeit ...	2 $\frac{1}{2}$ St.	2 $\frac{3}{4}$ St.	2 $\frac{5}{6}$ St.	3 St.	—	¹ Nach 12ständiger Abkühlung.
Druck	< 1.0	0.0002	< 0.0002		0.0010	
e	+14.0	+10.5	+12.0	+13.5	+17	
EK für D. = 100 ..	+70	+52	+60	+67	+85	

B. Versuche mit 0.4 mm starkem Platindraht (Fig. 1); $S = 20 \text{ mm}$; $d = 0.4 \text{ mm}$; Glühzustand: helle Gelbgluth; Datum: 16. September 1888; Daniell = 20.

Der anfängliche Vacuumwerth war positiv.

Ergebnisse nach dem Entwickeln von Quecksilberdampf.

Es wurde fortgesetzt evacuirt.

Nr. des Versuches	1	2	3	4	5	6	7
Glühzeit	5 Min.	20 Min.	44 Min.	1 St.	1 $\frac{1}{4}$ St.	1 $\frac{3}{4}$ St.	2 St.
Druck in mm.	< 0.0002						
e	+14	+4	+7	+9	+9	-7	-5
EK für D. = 100 . .	+70	+20	+35	+45	+45	-35	-25

Bei Nr. 6 und 7 herrschte Weissgluth; zwischen Nr. 5 und 6 Glühpause von 25 Minuten.

§. 9.

Ein zweiter Factor, der die Versuche störend beeinflusst haben konnte, ist das eventuelle Vorhandensein von Wasserdampf. Auch von diesem sind ja die letzten Spuren trotz Anwendung von Phosphorsäureanhydrid äusserst schwer aus einem zu evacuierenden Raume zu entfernen. Wir suchten auch hier ein Urtheil über den Einfluss dieses Gases zu gewinnen, indem wir an den Recipienten ein Röhrchen anschmolzen, das etwas Borax enthielt, der zur Entwicklung von Wasserdampf bestimmt war. Nachdem ein möglichst vollkommenes Vacuum hergestellt war, wurde der Hahn nach der Pumpe geschlossen und der Borax erwärmt. Letzterer gab alsdann so reichlich Wasserdampf aus, dass der glühende Draht häufig vollständig erlosch. Durch vorsichtiges Öffnen des zur Phosphorsäurekugel führenden Hahnes konnte man alsdann von dem entwickelten Wasserdampf soviel absorbiren lassen, bis der Glühzustand des Drahtes wieder eine Messung gestattete.

Bei einem Versuche war vor dem Entwickeln von Wasserdampf beobachtet worden: $e = +51.0$, Daniell = 55, $p = 0.00100$,

und unmittelbar darauf nach Entwicklung des Wasserdampfes fand sich bei ungefähr demselben Glühzustande: $e = +47$, dann $+27$ und bald darauf $+19$.

Es zeigt sich hier also eine allmählig eintretende beträchtliche Abnahme der elektromotorischen Kraft. Diese dürfte ihre naturgemässe Erklärung darin finden, dass ein Theil des Wasserdampfes an dem glühenden Platin zersetzt wird, wodurch freies H auftritt. Ein momentanes Umschlagen von $+$ zu $-$, wie dies beim Entwickeln von Wasserstoff immer eintritt, war jedoch in keinem Falle zu constatiren. Es zeigt aber der oben angeführte Versuch, dass bei Gegenwart von Wasserdampf die positiven Werthe für e eine allmählig fortschreitende Verminderung erfahren.

§. 10.

Der Gedanke, ein Vacuum herzustellen, in welchem sicher kein Sauerstoff enthalten ist, veranlasste uns, auch das Verhalten glühender Drähte in Schwefel- und Phosphordampf zu prüfen.

Der Schwefel wurde in ein an den Recipienten angeschmolzenes seitliches Rohr eingeführt. Nachdem letzterer evacuirt, wurde er von der Pumpe abgeschmolzen. Nachdem alsdann der Draht zum Glühen gebracht war, wurde das seitliche Ansatzröhrchen erwärmt und der Schwefel in den Recipienten hinüber destillirt und alsdann e bestimmt.

Ganz ebenso wurde mit dem Phosphor verfahren; ein Erwärmen des letzteren war überflüssig, denn in dem Recipienten schossen nach etwa 12 Stunden an einigen Stellen kleine Phosphorkrystalle an. Beim Glühen des Platindrahtes wurde der letztere sehr stark angegriffen, indem sich an seiner Oberfläche Phosphorplatin bildete; doch gelang es vor dem Durchschmelzen des Drahtes, einige unten verzeichnete Messungen auszuführen. In der folgenden Tabelle XIX sind die in Schwefel- und Phosphordampf beobachteten Werthe zusammengestellt. Ein Blick auf dieselbe zeigt, dass ein wesentlicher Unterschied gegen ein über Luft hergestelltes Vacuum nicht vorhanden ist. Immerhin scheinen uns diese Versuche interessant, insofern als sie zeigen, dass die positive Elektrisirung der Lufterlektrode auch bei jeglicher Abwesenheit von Sauerstoff bestehen bleibt.

Tabelle XIX.

Auch in Räumen, die sicher kein freies O enthalten, ist e positiv.

A. Der glühende Draht befindet sich in Schwefeldampf.
 $S = 15 \text{ mm}$; $d = 0.4 \text{ mm}$; Datum: 26. März 1888; Daniell = 30.

Nr.	Glühzustand	Bemerkungen	e	EK für D. = 100
1	gelb	Inhalt: Luft	+19	+63
2	hellgelb	vor dem Abschmelzen	+16	+53
3	"	nach dem Abschmelzen	+23	+77
4	"	S erwärmt	+18	+60
5	"	stärker erwärmt	+ 2	+ 7
6	"	} den ganzen ¹ } Apparat erwärmt {	+23	+77
7	Weissgluth		+23	+77

¹ Mittelst einer Gasflamme, die während der Messungen gelöscht wurde.

B. Der glühende Draht befindet sich in Phosphordampf.
 $S = 4 \text{ mm}$; $d = 0.3 \text{ mm}$; Datum: 13. December 1887; Daniell = 52.

Nr.	Glühzustand	e	EK für D. = 100	Bemerkungen
1	helle Gelbgluth	+29	+55.8	Es bildet sich Phosphorplatin
2	Gelbgluth	+39	+75.0	—
3	Rothgluth	+45	+86.5	—
4	helle Gelbgluth	+22	+42.3	Es bildet sich Phosphorplatin

§. 11.

Bei den Vorversuchen hatten wir eine Art von Recipienten verwandt, bei welchen die Luftpotelektrode in den oberen Theil eines Stopfens eingeschmolzen war, der in einen gefetteten Schliff passend, vollständig luftdicht schloss. (Fig. 8 auf Taf. II stellt einen ähnlichen, aber mit Quecksilberdichtung versehenen Recipienten dar.) In solchen Recipienten wurden bei hinreichender Verdünnung stets sehr hohe und zwar nahezu constante negative Werthe für e beobachtet.

Bei einem Apparate mit gefettetem Stopfen fanden sich zum Beispiele, als der Platindraht von 0.4 mm Dicke auf Weissgluth erhitzt war, folgende Werthe:

Tabelle XX.

Anwesenheit von Fettdämpfen ruft hohe negative Werthe von e hervor.

$S = 14$ mm; $d = 0.4$ mm; Daniell = 42; Datum: 6. October 1887. Es wurde fortgesetzt evacuirt.

Nr.	1	2	3	4	5
Druck	0.0031			0.005471	
e 01	— 77	— 83	— 81	— 82	— 80
EK für D. = 100	— 183	— 198	— 193	— 195	— 190

Das erhitzte Fett entwickelte Spuren von Gas.

Die Zahlen unter Nr. 4 und 5 wurden ermittelt, nachdem der Draht längere Zeit geglüht hatte. Dass diese hohen negativen Beträge von e in der That den Zersetzungsproducten des Fettes zuzuschreiben sind, haben wir experimentell nachgewiesen, indem wir an den Recipienten Fig. 1 ein seitliches, etwas reines Schweinefett enthaltendes Röhrchen anschmolzen und nach Herstellung des Vacuums letzteres in den Recipienten hinüber trieben. Es fand sich hiebei unser früheres Resultat bestätigt: die EK für Daniell = 100 fiel von +160 auf —314 in dem Momente, wo ein Tröpfchen Fett in den Recipienten eingedrungen war. Der mittlere Druck betrug bei diesem Versuche 0.0369 mm.

Versuche mit den beiden Hauptbestandtheilen des Fettes: mit Glycerin und Stearin, führten leider nur zu einem unbefriedigenden Ergebnisse, indem diese beiden Stoffe an dem glühenden Drahte eine so lebhaft Zersetzung erfuhren, dass es kaum möglich war, ein einigermaßen hohes Vacuum zu wahren.

Bei Glycerin trat mit dem Momente, in welchem ein Tröpfchen in den Recipienten überdestillirte, ein Zeichenwechsel auf (von +21 Scalentheilen auf —30, Daniell = 26), und ebenso für

Stearin (von +42 auf -24), doch verdienen diese Zahlen aus dem oben erwähnten Grunde nur wenig Zutrauen.

Nach diesen Versuchen sollte es glaublich erscheinen, dass überhaupt den Kohlenwasserstoffen die Eigenschaft zukommt, eine negative Erregung der Platte herbeizuführen. Diese Vermuthung hat sich jedoch nicht bestätigt, sowohl Leuchtgas, wie auch die Zersetzungsproducte von Paraffin liefern schwach positive Werthe für e .

§. 12.

Stellen wir noch die für die verschiedenen Gase unter annähernd gleichen Versuchsbedingungen beobachteten ungefähren Maximalwerthe für e , bezogen auf Daniell = 100, zusammen, so erhalten wir:

Tabelle XXI.

$S = 15$ mm; $d = 0.4$ mm; Daniell = 100; Glühzustand: helle Gelbgluth bis Weissgluth; Druck zwischen 0.01 und 0.0002 mm.

1	2	3	4	5	6	7
Sauerstoff	Luft	Schwefeldampf	Phosphordampf	Quecksilberdampf	Wasserstoff	Fettdämpfe
+300	+150	+77	+75	0 ¹	-150	-300

¹ Muthmasslich.

§. 13.

Wir schritten nun dazu, den Einfluss des Materials zu untersuchen, aus dem der glühende Körper bestand.

Leider ist die Zahl der zum Glühen verwendbaren Metalle eine äusserst beschränkte. Selbst Palladium und Eisen vertragen im Vacuum nur einen relativ niedrigen Glühzustand. Sobald man letzteren nämlich auf Gelbgluth steigert, so tritt ein so starkes Verdampfen des Metalles ein, dass der Recipient in wenigen Minuten undurchsichtig wird. Dabei erhält er bei Verwendung von Palladium das Aussehen, als sei er inwendig spiegelnd mit Quecksilber belegt. Dieser Verdampfungsprocess pflegt dann mit plötzlichem Durchschmelzen des Drahtes zu enden.

In Tabelle XXII ist eine Versuchsreihe mit circa 0·2 mm starkem Palladiumdraht angeführt, der zu einer dünnen Spirale aufgewickelt, in dem Apparate Fig. 3 in bekannter Weise befestigt worden war.

[1219]

Tabelle XXII.

$S = 15 \text{ mm}$; $d = 0·2 \text{ mm}$; Daniell = 40; Datum: 28. März 1888.

Der Glühdraht ist Palladium.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Bemerkungen	Der Glühzustand kam über Gelbgluth kaum hinaus. Bei 6, 7 und 8 trat eine allmähliche Steigerung ein					Beflug beginnt; helle Gelbgluth	Beflug nimmt zusehends zu; helle Gelbgluth	Der Apparat ist in wenigen Minuten undurchsichtig geworden helle Gelbgluth
Druck in mm	742	73	73	28	8	< 1	0·3283	0·0233
e	+ 62	+ 83	+ 76	+ 91	+ 86	+ 75	+ 40	+ 45
EK für $D. = 100$	+155	+207	+190	+228	+215	+187	+100	+112

Eine Messung bei niedrigerem Drucke liess sich leider nicht mehr vornehmen, da unmittelbar nach der letzten Beobachtung der Draht durchschmolz.

Also auch für Palladium ist e im luftverdünnten Raume positiv; übrigens tritt auch hier die Tendenz der Abnahme für e mit zunehmender Verdünnung und fortgesetztem Glühen deutlich zu Tage.

Elektricitätsmessung.

Versuche mit Eisendrähten lassen sich etwas längere Zeit durchführen, da hier bei vorsichtiger Steigerung des Glühzustandes nicht so leicht ein Durchschmelzen eintritt, wie bei Palladium.

Verwendet wurde eine Eisenspirale aus 0.3 mm dickem Drahte in dem gleichen Apparate wie oben. Die beobachteten Werthe sind in Tab. XXIII zusammengestellt.

Tabelle XXIII.

$S=15\text{ mm}$; $d=0.3\text{ mm}$; Daniell=40; Datum: 28. März 1888

Der Glühdraht ist Eisen.

A. Das Vacuum ist über Luft hergestellt.

Nr.	1	2	3
Glühzustand	Rothgluth	Rothgluth	Gelbgluth ¹
Druck in mm	< 0.5	0.0540	0.0158
e	+ 53	+ 53	+ 57
EK für D. = 100	+132	+132	+142

B. Das Vacuum ist über Wasserstoff hergestellt.

Nr.	1	2	3
Glühzustand	Gelbgluth	Gelbgluth	helle Gelbgluth ¹
Druck in mm	< 2	< 2	0.0129
e	-21	-16	-28
EK für D. = 100	-52	-40	-70

¹ Kurz darauf schmolz der Draht durch.

Wie man sieht, liefern Eisendrähte niedrigere Werthe als Platindrähte, doch tritt auch hier ein Vorzeichenwechsel beim Glühen in Wasserstoff ein.

Platin-Iridiumdraht (3⁰/₀ Iridium) zeigte in seinem elektrischen Verhalten insoferne einen geringen Unterschied gegen

künstlichen Platindraht, als hier der Vorzeichenwechsel der Elektrisirung der Luftpotelektrode meist etwas früher eintrat.

Es muss noch erwähnt werden, dass es im Allgemeinen schwierig ist, Drähte verschiedenen Materials hinsichtlich der Gleichheit ihres Glühzustandes zu beurtheilen, da die Metalle beim Glühen gewisse charakteristische Färbungen zeigen. So strahlte z. B. der oben erwähnte Platin-Iridiumdraht auch bei hoher Temperatur ein Licht aus, das einen entschiedenen Stich ins Orangerothe erkennen liess.

§. 14.

Ein Material, das sich seiner Unschmelzbarkeit wegen ganz vorzüglich zu den in Frage stehenden Versuchen eignen würde, sollten Kohlenfäden sein, wie sie in den Glühlampen Verwendung finden. Dieselben wirken bei Weissgluth in der That sehr kräftig elektricitäts-erregend, indess tritt bei ihnen die Schwierigkeit, das umgebende Gas rein zu erhalten, in noch höherem Masse auf als bei Metalldrähten. Wir benützten Glühlampen von circa 7 Volt Klemmenspannung von der Form, wie sie in Fig. 7, Taf. II dargestellt sind. Dieselben unterscheiden sich von der üblichen Form nur dadurch, dass noch eine Platinplatte *P* in den Glasballon mittelst eines eingeschmolzenen, mit Glasumhüllung *G* versehenen Platindrahtes *E* eingeführt ist. Die Enden *C* und *D* der zu dem Kohlenbügel führenden Platindrähte lässt man am besten gerade, um dieselben in zwei passend angebrachte Quecksilbernäpfehen eintauchen zu können, deren Contact man durch ein zwischengeschobenes Glimmerblättchen hindert. Sobald der Kohlenbügel in lebhaftes Gluth versetzt wird, ladet sich, über welchem Gase auch das Vacuum hergestellt sei, die Platte *P* negativ, u. zw. bis zu Werthen, welche 4 Daniell erreichen. Der Kohlenfaden verhält sich also in jedem Gase wie ein in Wasserstoff glühender Platindraht. Es scheint, dass dieses Verhalten der Kohlenfäden in ihrer Herstellungsweise begründet ist. Soviel uns bekannt, werden dieselben in einem Stadium ihrer Fabrication in Kohlenwasserstoffatmosphäre geglüht. Es ist möglich, dass sie sich bei diesem Verfahren so stark mit Wasserstoffgas beladen, dass dasselbe auch durch anhaltendes Glühen nicht aus ihren Poren entfernt werden kann. Es würde sich

danach bei fortgesetztem Evacuiren in Glühlampen von selbst stets eine Wasserstoffatmosphäre bilden.¹

Man könnte ferner zur Erklärung der obigen Thatsache annehmen, dass Kohle überhaupt in Contact mit Gasen letztere negativ elektrisirt; dies ist jedoch, wie man sich durch Versuche mit glimmender Holzkohle in atmosphärischer Luft leicht überzeugt, nicht der Fall, vielmehr verhält letztere sich gegen Luft wie ein glühender Platindrath.

Wird das Vacuum von vornherein über verdünntem Wasserstoff hergestellt, so ist die Elektrisirung der Platte *P* eine ungemein starke. In Tab. XXIV ist eine Beobachtungsreihe mitgetheilt, die an einer mit verdünntem Wasserstoff gefüllten Glühlampe gewonnen wurde.

Tabelle XXIV.

Kohlenfäden in verdünntem Wasserstoff geben hohe negative Werthe.

Glühlämpchen von 7 Volt Spannung; $S=10\text{ mm}$; Daniell=50. Es wurde fortgesetzt evacuirt. Weissgluth. Datum: 3. März 1888.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Druck in mm.	0.107	0.0400	0.0134	0.00547	0.00180	<0.0002				
<i>e</i>	-214	-208	-209	-212	-209	-206	-211	-210	-212	-219
<i>EK</i> für D.=100	-428	-416	-418	-424	-418	-412	-422	-420	-424	-438

Auffallend ist auch die Constanz der Werthe für *e* bei fortgesetztem Evacuiren. Es gelang selbst nicht durch tagelanges Glühen die Werthe für *e* zu verändern, obwohl von Zeit zu Zeit die vom Kohlenfaden abgegebenen Gasmengen fortgeschafft wurden, so dass der Druck nie 0.00547 mm überstieg.

Wir versuchten schliesslich, die hohen negativen Werthe von *e* dadurch herabzumindern, dass wir eine noch unbenützte

¹ Diese Anschauung findet ihre Bestätigung in Versuchen von C. Heim, Elektrotechn. Zeitschr. 7, S. 504, 1886; vergl. auch Beibl. 11, S. 158, 1887 und Beibl. 11, p. 294, 1887.

Glühlampe mit Sauerstoff füllten, evacuirten und den Faden dann lange Zeit in der äusserst dünnen Sauerstoffatmosphäre glühten. Der Faden wurde zwar bei dieser Procedur durch Verbrennung merklich dünner, doch liess sich immerhin eine Versuchsreihe circa 30 Stunden lang durchführen, ohne dass derselbe unbrauchbar wurde. Es gelang uns so durch öftere Erneuerung des Sauerstoffvacuums den Werth für e bis auf -190 für Daniell $= 100$ herabzumindern, so dass sich also gegen eine mit Wasserstoff gefüllte Glühlampe immerhin eine Verschiebung des Werthes für e nach der positiven Seite von rund 2.5 Daniell ergab, die auf Rechnung des Sauerstoffgases zu setzen ist.

Schliesslich bemerken wir noch, dass bei Verwendung von Kohlenfäden sich stets für e , auch bei Rothgluth, ein negativer Werth herausstellte.

§. 15.

Einige specielle Fragen veranlassten uns endlich, noch Platindrähte zu verwenden, deren Oberflächen künstlich verändert waren.

So schien es uns zum Beispiel von Interesse, im Anschluss an die Versuche mit den Glühlampen das Verhalten von Platindrähten zu prüfen, deren Oberfläche mit einem Überzuge von Kohle versehen war. Solche Drähte stellten wir her, indem wir dieselben zunächst mit geschmolzenem Zucker überzogen, der alsdann vorsichtig durch Erhitzen des Drahtes mittelst des elektrischen Stromes verkohlt wurde. Ein auf diese Weise präparirter Draht wurde in den Apparat Fig. 3 eingeführt, während zugleich ein reiner Draht zwischen den Platinhäkchen des Schliffstückes als Vergleichsdraht ausgespannt wurde. Irgend eine Einwirkung des Kohlenüberzuges trat hier nicht zu Tage, sondern der mit Kohle überzogene Draht lieferte Werthe, welche nur wenig von denen des Vergleichsdrahtes abwichen.

Die geringen Unterschiede, die auftraten, erklärten sich vollkommen durch die Lagenverschiedenheit beider Drähte zur Luftelektrode.

Dieser Versuch spricht für die oben angeführte Auffassung, dass in den Glühlampen die von der Kohle ausgegebenen Gase die hohe negative Ladung der Luftpole bewirken.

Ein ähnliches Verhalten, wie es die Kohlenbügel zeigen, erwarteten wir von dünnen Platinspiralen, die mit Platinschwamm überzogen waren; doch scheint letzterer im Momente des Erglühens sämtliche occludirte Gase, auch Wasserstoff, auf einmal abzugeben. Es zeigten die mit Platinschwamm überzogenen Drähte — auch bei sehr langer Glühzeit — ein in keiner Weise abweichendes Verhalten. Auch hier war in dem Apparate Fig. 3 ein Vergleichsdraht angebracht. Im Sauerstoff lieferte z. B. der Draht mit Platinschwamm die Werthe + 30, + 20, der Vergleichsdraht entsprechend + 30, + 24. Im Wasserstoff fand sich für den Draht mit Platinschwamm — 32, den Vergleichsdraht — 24, Daniell = 30. Nachdem der Platinschwamm in einer ziemlich dichten Wasserstoffatmosphäre zwölf Stunden lang H occludirt hatte, ergab sich für den Draht mit Platinschwamm — 48, für den Vergleichsdraht — 63, Daniell = 30, so dass also in allen Fällen dem reinen Drahte eine energischere Wirkung zukommt, als dem mit Platinschwamm überzogenen.

Auch die folgende Frage wurde experimentell zur Entscheidung gebracht.

Es ist bekannt, dass Überzüge von Chlornatrium ungemein hartnäckig an Platindrähten haften. Eine Verunreinigung durch letzteres ist aber selbst bei der grössten Subtilität in der Behandlung der Drähte bei der grossen Verbreitung dieses Salzes in der Atmosphäre nicht auszuschliessen. Da nun bei allen Versuchen, wo das Vacuum über Luft hergestellt war, der mehrfach besprochene Vorzeichenwechsel in der Ladung der Platte auftrat, so könnte man Verdacht schöpfen, dass im hohen Vacuum die den Draht verlassenden Chlornatriumdämpfe überwiegen und vielleicht die beobachtete negative Elektrisirung der Luftpole bewirken. In dieser Hinsicht angestellte Versuche ergaben jedoch ein durchaus negatives Resultat.

Im §. 7 wurde bereits des auffallenden Umstandes gedacht, dass zwei in demselben (mit verdünntem Wasserstoff gefüllten) Raume befindliche Platindrähte aus demselben Materiale die Luftpole im entgegengesetzten Sinne elektrisiren können, wenn der eine ausgeglüht ist, während der andere nur bis weilen zum Glühen gebracht wird. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die

Drähte durch langes Glühen im Wasserstoff ihre moleculare Beschaffenheit ändern. Auch Nahrwold¹ neigt sich in seiner neuesten, den gleichen Gegenstand betreffenden Publication dieser Auffassung zu. Wir versuchten desshalb, einen Platindraht durch Hämmern auf einem Stahlambos mit einem kleinen Stahlhammer zu härten, um ihn alsdann als Glühdraht zu verwenden. Unmittelbar vor dem Hämmern war sein elektrisches Verhalten im Apparate Fig. 3 geprüft. Die ermittelten Werthe sind in Tab. XXV zusammengestellt.

Tabelle XXV.

Unterschied zwischen gehämmertem und nichtgehämmertem Draht.

$S = 15 \text{ mm}$; $d = 0.3 \text{ mm}$; Vacuum über Luft hergestellt; Datum: 15. Juni 1888; Daniell=28. Es wurde fortgesetzt evacuirt.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Glühzustand ...	h. G.	h. G.	h. G.	h. G.	h. G.	h. G.	h. G.	h. G.	W.
Mittlerer Druck	0.0259	0.0074	0.0027	0.0010	< 0.0002				
Draht	ungehämmert	+44	+40	+39	+36	+31	+28	+24	+18
	gehämmert ...	+47	+47	+40	+38	+36	+35	+35	+31

Es erscheinen hier die Werthe für den gehämmerten Draht merklich constanter. Es ist immerhin möglich, dass dieses Verhalten gehärteter Drähte auch bei dem Vorzeichenwechsel der E. K. im Wasserstoff mit im Spiele ist.

Drähte zu härten mittelst eines Drahtzuges halten wir für bedenklich, weil bei dieser Operation Fett in Anwendung gebracht werden muss, das, ohne dem Drahte die Härte zu nehmen, schwer völlig wieder zu entfernen ist.

¹ Nahrwold, Wied. Ann. Bd. 35, S. 120, 1888.

§. 16.

Bei unseren früheren, in luftgefüllten Räumen angestellten Versuchen hatten wir beobachtet, dass es durchaus nicht gleichgiltig ist, aus welchem Metalle die dem Glühdrahte genäherten Platten bestehen. Bei jenen Versuchen waren wir gezwungen, die Luftpolelektrode dem glühenden Körper sehr nahe zu bringen; alsdann zeigte sich,¹ falls die Luftpolelektrode durch die unvermeidliche Erhitzung mit Oxydschichten überzogen wurde, welche durch das heisse Gas eine Ableitung zur Erde fanden, dass zu der durch den Glühprocess erzeugten Spannung sich jene durch den Contact zwischen Metall und Oxyd hervorgebrachte algebraisch addirte. Bei unseren Versuchen im Vacuum hatte jedoch diese durch Contact entwickelte Elektricität kaum einen merkbaren Einfluss.

Ein Apparat, welcher die verschiedensten Metalle als Luftpolelektroden zu verwenden gestattet, ist Fig. 8, Taf. II dargestellt.

Derselbe unterscheidet sich von den bislang verwendeten Recipienten dadurch, dass in sein oberes Ende ein Stopfen *S* mit Quecksilberdichtung eingeschliffen ist, in welchem ein Platin-drath *E* von 0.3 mm Dicke eingeschmolzen wurde, an dessen unterem Ende bei *x* Platten verschiedenen Materials befestigt werden konnten. Die Platte *P'* ist eine ein- für allemal in den Apparat eingeführte Platinplatte. Je nachdem man nun *E* oder *E'* mit dem Elektrometer verbindet, misst man die Spannung des fraglichen Metalls oder der unteren Platinplatte gegen den glühenden Draht.

Die Versuche mit Kohle und Platin wurden in einem derartigen Apparate durchgeführt, während bei Verwendung der Metalle Kupfer und Eisen ein von dem geschilderten etwas abweichendes Verfahren eingeschlagen wurde. Abgesehen von kleinen Differenzen machte sich irgend ein bemerkenswerther Einfluss der verschiedenen Metalle nicht geltend. Es blieb der Verlauf der bislang geschilderten Erscheinungen stets derselbe, doch beachte man, dass bei allen Versuchen die Luftpolelektrode mindestens 10 mm von dem glühenden Drahte entfernt war.

¹ Elster u. Geitel, Wied. Ann. 19, S. 606, 1883.

In Tab. XXVI sind die hierher gehörigen Versuche zusammen-
gestellt.

Tabelie XXVI.

A. Platin gegen glühendes Platin; Inhalt: O; helle Gelbgluth;
 $S = 10\text{ mm}$; $d = 0.3\text{ mm}$; Datum: 25. Mai 1888; Daniell = 30.

Nr.	1	2	3
Druck in mm	4.0	0.00300	<0.0002
Obere Platte Pt	+72	+60	+56
Untere Platte Pt	+70	+60	+53

B. Kupfer gegen glühendes Platin; Inhalt: H; fast Weissgluth;
 $S = 15\text{ mm}$; $d = 0.3\text{ mm}$; Datum: 18. April 1888; Daniell = 34.

Nr.	1	2	3	4
Glühzustand	h. G.	f. W.	W.	W.
Druck	1.12			0.440
Obere Platte Cu	-31	-39	-49	-62
Untere Platte Pt	-32	-39	-48	-68

C. Kohle gegen glühendes Platin; helle Gelbgluth; $S = 10\text{ mm}$;
 $d = 0.4\text{ mm}$; Datum: 18. April 1888; Daniell = 34.

Nr. und Inhalt	1. Luft	2. Luft	3. Sauerstoff
Druck	0.0458	0.00100	0.256
Obere Platte C	+20	-15	+24
Untere Platte Pt	+25	-5	+21

D. Eisen gegen glühendes Eisen; Inhalt: Luft; $S = 10\text{ mm}$; $d = 0.3\text{ mm}$; Datum: 26. Mai 1888; Daniell = 34.

Nr.	1	2	3
Druck	0.0628	0.0434	0.0241
Obere Platte Eisen	+36	+47	+44
Untere Platte Platin	+34	+40	+45

Bei Anwendung von Kohle ergaben sich zuweilen grössere Differenzen als die in der Tabelle verzeichneten. Überhaupt bewirkte Einführen berusster Glimmerplatten, die an Stelle von Kohlenelektroden benützt wurden, häufig eine auffallende Steigerung der negativen Ladungen der Platinplatte, vermuthlich hervorgebracht durch Gase, welche die berusste Platte bei ihrer Erwärmung ausgab.

§. 17.

Um ein Urtheil darüber zu gewinnen, welche Wege die von dem glühenden Körper abfliegenden elektrisirten Gas- oder Metalltheilchen verfolgen, wurden die folgenden Versuche angestellt.

Zunächst schritten wir zur Entscheidung der Frage, bis zu welcher Entfernung die von dem glühenden Drahte ausgehende elektrische Wirkung sich erstreckt. Wir benützten zur experimentellen Entscheidung derselben einen Recipienten von 260 mm Länge und 16 mm Durchmesser, in welchem eine Platinspirale (Drahtdicke 0.2 mm) ausgespannt war. In das Glasrohr waren über dem Glühdrahte drei Elektroden *A*, *B* und *C*, bestehend aus 0.3 mm dicken Platindrähten, seitlich eingeschmolzen. Die Entfernung der Elektrode *A* vom Glühdrahte betrug 15 mm, die der Elektrode *B* 93 mm und die der Elektrode *C* 172 mm. Es zeigte sich alsdann, dass eine nennenswerthe Ladung sich nur auf die nächste Elektrode *A* übertrug. *B* wies nur Spuren einer Ladung auf und *C* blieb ganz unelektrisch.

Die Versuche mit den Elektroden *B* und *C* sind insofern sehr heikler Natur, als jede Influenz von aussen die Nadel des Elektro-

meters aus der Ruhelage abweichen lässt, solange das isolirte Quadrantenpaar mit *B* oder *C* leitend in Verbindung gesetzt ist. Diesem Umstande ist auch vielleicht zuzuschreiben, dass *B* bisweilen Spuren einer Ladung zeigte, welche dem Vorzeichen nach der der Elektrode *A* entgegengesetzt war. Doch trat im Wasserstoff diese Erscheinung sehr deutlich ein, so dass wir dieselbe hier für reell erachten möchten. Hier fanden sich z. B. für die drei Elektroden folgende Werthe für ϵ :

Tabelle XXVII.

Fast Weissgluth; Inhalt; H; Datum: 8. Mai 1888; Daniell=38.

A	B	C	Druck in mm
-28	0	0	0.117
-57	+27	0	0.0096
-51	↑ +24	0	
-51	↑ +15	0	

Während die Ladung von *A* momentan erfolgte, vergingen bei *B* circa fünf Minuten, bis die in der Tabelle verzeichneten Werthe von ϵ erreicht wurden. Die über den Zahlen angebrachten Pfeile sollen anzeigen, dass die beobachteten Ablenkungen noch im Zunehmen begriffen waren, als die Ablesung erfolgte.

Eine analoge Versuchsreihe mit verdünntem Sauerstoff lieferte folgende Zahlen:

Tabelle XXVIII.

Fast Weissgluth; Füllung: O; Datum: 9. Mai 1888; Daniell = 38.

A	B	C	Druck in mm
+57	0	0	< 1
+32	↑ 3	0	0.0070
-19	↑ +10	0	< 0.0002

Wie man sieht, findet in Räumen, welche Gas von einem Druck von circa 1 mm enthalten, eine Ladung der entfernteren Elektrode überhaupt nicht mehr statt; erst bei geringer Dichte zeigt sie Spuren einer der Elektrode *A* entgegengesetzten Elektrisirung.

Bei Verwendung einer Platinspirale ist der Glühzustand schwierig über fast Weissgluth zu treiben, desshalb wiederholten wir den obigen Versuch mit einem Recipienten, in welchem der Platindraht durch einen Kohlenbügel von 8 Volt Spannung ersetzt war. Die Entfernung der Elektrode *A* betrug hier nur 6 mm, die der Elektrode *B* 52 mm und die der Elektrode *C*, welche als kreisrunde Platte den Cylinder oben gleichsam abschloss, 110 mm. Bei Wasserstofffüllung von einem Drucke von 0.0288 mm wurden bei Anwendung von drei Bunsen-Elementen folgende Ablenkungen beobachtet:

Für *A* war $e = -64, -63,$

für *B* war $e = \overset{\leftarrow}{-} 9, \overset{\leftarrow}{-} 9,$

für *C* war $e = 0, 0.$

Als jedoch der Glühzustand der Kohle durch Hinzufügung eines vierten Elementes auf höchste Weissgluth gesteigert wurde, zeigte auch die Platte *C* eine energische negative Elektrisirung die bei der Stellung der Wippe für $e-x$ an vier Daniell heranreichte.

Eine positive Elektrisirung der Elektrode *B* wurde hier nicht beobachtet. Aus dem letzten Versuche geht hervor, dass die Grösse der Ausbreitung mit der Höhe des Glühzustandes wesentlich zunimmt.

Ein zweiter Punkt, den wir experimentell aufzuklären suchten, war der, ob die von dem Glühdrahte abfliegenden electritätsregenden Theilchen, seien es nun Gas- oder Metalltheilchen, sich in geradlinigen Bahnen bewegen. Einige Umstände scheinen ein derartiges Verhalten der letzteren anzudeuten.

Wir hatten nämlich beobachtet, dass, wenn man einen Draht in H zerstäuben lässt, u. zw. in dem Apparate (Fig. 3), in welchem der dünne Draht mit dem dicken durch Platinschraubchen verbunden war, sich ein allerdings unvollkommenes helles Abbild

der Schrauben auf dunklem Grunde an der Glaswand bildete. Die letzteren hatten demnach offenbar einen Theil der Glaswand schirmartig vor den aufliegenden Platintheichen geschützt.

Ferner erreichte jeder in den Apparat eingeführte Leiter in jeder beliebigen Lage, wenn er sich nur in ungefähr derselben Entfernung von dem Glühdrahte befand, nahezu dieselbe Ladung. Verband man z. B. die Quecksilberrinne des Verschlusses mit dem isolirten Quadrantenpaar des Elektrometers, so zeigte auch diese fast dieselbe Ladung, wie die in dem Apparate befindliche Platinplatte, ein Beweis, dass durch den glühenden Draht auch die Glaswände auf dasselbe Potential gebracht werden, wie die als Luftpole dienende Platte.

Bei einem derartigen Versuche fand sich z. B. auf Daniell = 100 berechnet, die Ladung der Platte gleich $-300 \cdot 0$, die der Quecksilberrinne zu $-283 \cdot 0$; dabei war der im Apparate herrschende Druck gleich $0 \cdot 00025 \text{ mm}$.

Auch um die Glaswand aussen herumgelegte Stanniolringe verhielten sich in der Nähe des Glühdrahtes ganz analog.

Zunächst zeigten wir nun, dass die Wirkung des glühenden Drahtes, wie zu erwarten war, vollkommen abgeblendet wird, falls man denselben im Vacuum mit einem oben geschlossenen, zur Erde abgeleiteten, metallischen Leiter umgibt. Letzteres erreichten wir, indem wir einen einseitig geschlossenen Cylinder aus dünnem Kupferblech in den Apparat (Fig. 3) hineinschoben, in der Weise, wie es in Fig. 9, Taf. II angegeben.

Die Haken *I, K* drückten fest auf den Deckel des Cylinders *A*, so dass derselbe hiedurch, falls man die Erdleitung mit *L* oder *M* verband, zur Erde abgeleitet war. Alsdann ergab sich auch bei Weissgluth für die Platte *P* nicht die Spur einer Ladung. Letztere trat aber sofort auf, sobald in den Deckel des Cylinders eine kleine quadratische Öffnung von circa 3 mm Seitenlänge unmittelbar über dem Glühdrahte angebracht wurde. Die Ladung der Platte musste, geradlinige Fortpflanzung vorausgesetzt, ausbleiben, falls in den Kupfercylinder ein seitliches Fenster *F* (siehe die Figur) angebracht wurde. Das Resultat war ein in hohem Grade überraschendes. Es fand sich nämlich, dass nur negative Elektricität durch dasselbe sich in den oberen Raum hinein verbreitete, ja, dass sogar die Platte in dem letzteren starke

negative Werthe annahm, wenn der Kupfercylinder, wie z. B. bei Sauerstofffüllung, sich positiv elektrisch erwies. Die Versuche wurden so angestellt, dass, falls P mit dem Elektrometer in Verbindung stand, A zur Erde abgeleitet war; umgekehrt war P abgeleitet, wenn A mit dem Elektrometer communicirte. In Tab. XXIX ist eine der hierhergehörigen Versuchsreihen mitgetheilt.

Tabelle XXIX.

Der Kupfercylinder hat ein seitliches Fenster.

Füllung: Sauerstoff; $d = 0.3 \text{ mm}$; Datum: 23. April 1888; Daniell = 34.

Nr.	1	2	3	4	5	6
Druck in mm	0.0369	0.0121	0.0121	0.120	0.120	0.0053
e für Cyl. A	+ 8	+35	+29	+27	+22	+15
e für P	-72	-54	-67	-63	-67	-74

Dabei ging die Ladung der Platte P nur mit mässiger Energie vor sich; anfangs erfolgte dieselbe ziemlich schnell, ohne indessen einer Maximalablenkung zuzustreben.

Kehrte sich bei gentigender Verdünnung das Vorzeichen der Ladung des Cylinders um, so wurden bei der gleichen Versuchsanordnung für P höhere negative Werthe gefunden, wie für A . Eine derartige Reihe ist in Tab. XXX mitgetheilt.

Tabelle XXX.

O ist durch Glühen und Evacuiren entfernt, Daniell = 32, sonst alles wie bei Tab. XXIX. Es wurde fortgesetzt evacuirt.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Druck in mm .	0.05011	0.03887	0.0564	0.0181	0.0457	0.0337	0.01209	0.01209	0.0053
e für Cyl. A .	- 62	- 35	- 46	- 38	- 37	- 36	- 49	- 45	- 39
e für Platte P	-116	-117	-116	-128	-189	-109	-115	-118	-112

Es muss hinzugefügt werden, dass bei dieser Reihe die Werthe für p sehr unzuverlässiger Natur sind, indem eine so grosse Metallfläche, wie sie ein derartiger Cylinder bietet, beim Erwärmen fortwährend wieder Gas ausgibt, welches die durch die Pumpe fortgeschafften Gase wieder ersetzt.

Auch an Recipienten von T-Form stellte sich heraus, dass die negative Elektrisirung der Elektrode gleichmässig eintritt, mochte sie dem Glühdrahte direct gegenüberstehen oder in dem rechtwinkelig angebrachten Seitenrohre befindlich sein.

Es scheint also der Träger der negativen Elektricität sich nicht in geradlinigen Bahnen zu bewegen, ist also schwerlich in den abgeschleuderten Metallpartikelchen zu suchen.

§. 18.

In neuerer und neuester Zeit¹ ist in einer Reihe von Abhandlungen das Factum constatirt, dass durch Belichtung mit ultravioletttem Lichte eine Gasmasse elektrolytisch leitend wird, und dass zugleich in dieser Gasmasse befindliche Metalle in ähnlicher Weise gegen einander eine Potentialdifferenz zeigen, wie solche, die in eine Flüssigkeit eintauchen. Es wäre daher nicht undenkbar, dass ähnliche Einflüsse sich auch in den von uns verwendeten Recipienten geltend machten und die Luftpolektrode lediglich den von den Drähten und Kohlenfäden ausgehenden Lichtstrahlen ihren elektrischen Zustand verdankte. Wir haben jedoch bei dem von uns getroffenen Arrangement einen Einfluss der Belichtung nicht nachzuweisen vermocht.

Zu den Versuchen diente der Apparat Fig. 9. Den Deckel des Kupfercylinders versahen wir an seinem oberen Ende mit einer kleinen kreisförmigen Öffnung. Wir überzeugten uns alsdann, dass, falls wir die Öffnung durch ein über dieselbe gedecktes Metallblättchen schlossen, jede Ladung der Platte P ausblieb. Eine ganz dünne Glimmerplatte, sowie auch eine Kalkspathplatte

¹ Vergl. z. B. Hertz, Wied. Ann. 31, S. 983, 1887; Arrhenius, Wied. Ann. 32, S. 545, 1888; E. Wiedemann u. H. Ebert, Wied. Ann. 33, S. 241, 1887 u. a.

wirkten genau so wie das Metallblättchen, d. h. sie hoben die Wirkung des glühenden Drahtes auf die Luftpotelektrode vollständig auf, wenn auch der im Cylinder befindliche Draht hellweiss-glühend war.

§. 19.

Die Thatsache, dass die Strömung der Elektrizität in verdünnten Gasen eine andere wird, sobald dieselbe innerhalb eines magnetischen Feldes vor sich geht, legte den Gedanken nahe, die im Vorigen beschriebenen Versuche unter Einwirkung eines Magneten zu wiederholen. Es zeigte sich hiebei in der That fast ausnahmslos eine Änderung der beobachteten elektromotorischen Kraft, u. zw. meist in dem Sinne, dass eine unter gewöhnlichen Verhältnissen positive Ladung der Elektrode (wie in Luft oder Sauerstoff) im magnetischen Felde eine Zunahme erfuhr, während eine negative Ladung (wie in Wasserstoff oder Fettdämpfen) herabgemindert, ja selbst in eine positive übergeführt wurde.

Zu diesen Versuchen benützten wir sowohl Elektromagnete, die durch Schliessung und Öffnen ihres Stromkreises erregt und ausser Thätigkeit gesetzt werden konnten, wie auch permanente Stahlmagnete, die wir den Recipienten näher oder ferner anbringen konnten. Die Empfindlichkeit der Erscheinung ist nicht unbedeutend, ein Stahlmagnet von 325 mm Länge, 11 mm Breite und 6 mm Dicke brachte schon in einer Entfernung von circa 30 cm eine Änderung in der Einstellung der Elektrometernadel hervor. Es versteht sich von selbst, dass bei allen hier beschriebenen Versuchen der Nadel des zu den Messungen dienenden Elektrometers durch Bifilarsuspension, nicht durch magnetische Kräfte, eine bestimmte Ruhelage gegeben war. Die beobachtete Änderung der elektromotorischen Kraft ging übrigens Hand in Hand mit einer Veränderung des Leitungsvermögens des erhitzten Gases, derart, dass im Allgemeinen die Fähigkeit, positive Elektrizität zu entladen, im magnetischen Felde vermindert wurde, es zeigte sich also ein sogenanntes negativ-unipolares Leitungsvermögen des Gases.

§. 20.

Die nächste Aufgabe nach Feststellung der angeführten Thatsachen war es nun, eine Methode der Messung der Variation der *EK* im magnetischen Felde zu gewinnen. Hier stellte sich

eine besondere Schwierigkeit entgegen. Versucht man zunächst die *EK* des Drahtes dadurch zu bestimmen, dass man die Richtung des Glühstromes wechselt, um aus den beiden gefundenen Ablenkungen ($e+x$ und $e-x$) den vom Glühstrom direct übergehenden Antheil freier Spannung zu eliminiren, so kann es sich, besonders in Wasserstoffatmosphäre ereignen, dass man für diesen letzteren (x vergl. §. 2, Tab. I) Werthe erhält, die mit dem unmittelbar gemessenen x' auch nicht annäherungsweise übereinstimmen. Es muss also im magnetischen Felde das Verhalten des Gases je nach der Stromesrichtung ein anderes sein.

Dies Ergebniss kann kaum überraschen. Die Thatsache, dass ein Theil der freien Spannung des glühenden Drahtes durch das erhitzte Gas auf die Elektrode übergeht, beweist, dass Theilströme, die von dem Batteriestrom sich abzweigen, das den glühenden Draht umhüllende Gas durchsetzen; nach Massgabe des Verhältnisses der Widerstände von Draht und heissem Gas werden diese Zweigströme mit einer bestimmten Intensität ihren Weg durch das letztere nehmen. Es kann demnach der glühende Draht von einer Hülle von aneinanderschliessenden Stromfäden umgeben gedacht werden, die der Strom in gleicher Richtung wie den glühenden Draht selbst durchfliesst. Ein Vergleich wird unsere Meinung klarstellen. Wie bei der Entladung eines Inductoriums in Luft die eigentliche Funkenbahn von einer in gleichem Sinne durchströmten Aureole umgeben ist, so kann man sich den glühenden Draht von einer Hülle von Stromfäden umschlossen denken.

Der Magnet wird nun auf diese, das erhitzte Gas durchsetzenden Stromfäden richtend einwirken, und wenn er sie bei einer bestimmten Stromrichtung der Elektrode zutreibt, sie bei der entgegengesetzten von derselben entfernen. Als wesentliches Erforderniss für alle messenden Versuche ergibt sich demnach unveränderte Richtung des Glühstromes. Die Elimination der freien Spannung des glühenden Drahtes konnte also ausschliesslich nach der im §. 2, Tab. I an erster Stelle angegebenen Methode bewirkt werden, dass nämlich die Erdleitung bei der einen Ablesung ($e+x$) an der Austrittsstelle, bei der anderen ($e-x$) an der Eintrittsstelle des Stromes in den glühenden Draht angebracht wurde. Die directe Beobachtung der freien Spannung lieferte

auch hier, wie früher, eine Controle, die oben angegebenen bedeutenden Abweichungen zwischen x und x' fielen ganz weg.

War es jetzt möglich, die EK während der Einwirkung des Magneten bei unveränderter Richtung des Glühstromes zu messen, so konnte zugleich mit Leichtigkeit die Frage entschieden werden, ob diese Einwirkung eine andere ist, je nachdem die Stromfäden der Elektrode zu oder von ihr weggetrieben werden. Hiezu war nichts als eine Umkehrung des den Elektromagneten erregenden Stromes erforderlich. Da eine dem Auge wahrnehmbare Veränderung beim Polwechsel des Magneten in dem erhitzten Gase nicht vor sich geht, so musste die Lage der Stromfäden aus der Richtung des Glühstromes und der Lage der Magnetpole nach dem Ampère'schen Gesetze bestimmt werden. Um jeden Irrthum auszuschliessen, wurden diese Bestimmungen nach Beendigung der Versuche mittelst eines beweglichen Stromleiters (eines dünnen Drahtes) oder mittelst der Aureole des Inductoriiums controlirt.

Die in den folgenden Tabellen zugefügten Bemerkungen: „Stromfäden der Elektrode ab- oder zugewandt“ beziehen sich also nicht auf eine direct sichtbare Einwirkung des Magneten, sie bedeuten nur, dass nach der Ampère'schen Regel die eine oder andere Lage eines in gleicher Richtung wie der glühende Draht vom Strom durchflossenen beweglichen Leiters zu erwarten war.

Eine Messungsreihe, aus der wir einige Resultate in der folgenden Tabelle mittheilen, wurde vorgenommen an einem Recipienten Fig. 1, dessen Glühdraht¹ 20 mm lang, 0.4 mm dick und von der darüber befindlichen Elektrodenplatte 10 mm entfernt war. Derselbe wurde zwischen den Polen eines Elektromagneten von Hufeisenform von 282 mm Schenkellänge, 32 mm Dicke, 55 mm Polabstand so angebracht, dass der Glühdraht in äquatorialer Richtung verlief. Zur Verstärkung der Intensität des Feldes konnten auf die Pole gesetzte Eisenplatten (Halbanker) bis an das Glas des Recipienten geschoben werden. Der Magnet wurde

¹ Eine geringe Abweichung von Fig. 1 bestand darin, dass der Glühdraht wie in Fig. 8 in dem Recipienten angebracht war.

durch eine gesonderte Batterie von 4 bis 5 grossen Bunsen-elementen erregt.

Der Apparat war am 11. Jänner 1888 unter Zuhilfenahme des Inductoriums soweit evacuirt, dass eine Messung des Druckes nicht mehr möglich war. Am 12. Jänner wurde beobachtet, und es fanden sich die in Tab. XXXI zusammengestellten Werthe der elektromotorischen Kraft.

Die in den Tabellen als Ablenkungen „ohne Magnet“ aufgeführten Zahlen sind die Mittelwerthe aus den Beobachtungen, die vor Erregung des Elektromagneten und nach dem Erlöschen des Magnetismus gewonnen waren. Diese Zahlen stimmten wegen der verschiedenen Stärke des remanenten Magnetismus meist nicht völlig überein, selbst wenn die Vorsicht gebraucht war, den remanenten Magnetismus immer von gleicher Polarität zu erhalten.

Tabelle XXXI.

Weissgluth; $d = 0.4$; $S = 10\text{ mm}$; $p < 0.0002$; Datum 12. Jänner 1888; Daniell = 48; Inhalt: Luft.

Nr.	Ohne Magnet	Stromfäden der Elektrode zugewandt	Stromfäden der Elektrode abgewandt
1	—53	+40	+56
2	—49	+46	+54
3	—48	+55	+51

Wie die Tabelle zeigt, ergab sich ohne Einfluss des Magneten ein negativer Werth von circa -1 Daniell für die *EK* (Vacuumwerth, vergl. §. 5), der nach Erregung des Magnetismus in einen nahezu gleich grossen positiven überging. Ein durchgreifender Unterschied in der Wirkung, je nachdem die Stromfäden der Elektrode zu- oder abgelenkt werden, ist nicht ersichtlich. Nach Beendigung dieser Versuchsreihe wurde aus schon vorher ein geführtem Palladiumdrath H entwickelt. Die gefundenen Resultate sind in Tab. XXXII aufgeführt.

Tabelle XXXII.

Weissgluth; $p = 0.535$; Füllung H, sonst alles wie oben.

Nr.	Ohne Magnet	Stromfäden der Elektrode zugewandt	Stromfäden der Elektrode abgewandt
1	-89	-67	-10
2	-82	-69	-12

Der Apparat blieb nun sich selbst überlassen; am 15. Jänner wurden die Messungen wiederholt (s. Tab. XXXIII).

Tabelle XXXIII.

Daniell: = 54, sonst alles wie oben.

Nr.	Ohne Magnet	Stromfäden zugewandt	Stromfäden abgewandt	Glühzustand
1	-51	-60	+31	Gelbgluth
2	-56	-56	+24	
3	-92	-71	+24	Weissgluth
4	-41	-51	+ 5	helle Gelbgluth
5	-17	-32	+ 1	Gelbgluth

Die beiden letzten Tabellen zeigen, dass im H, analog wie in verdünnter Luft (Tab. XXXI) im magnetischen Felde eine Abnahme der negativen Erregung (also eine Zunahme der positiven Elektrisirung) eintritt, die aber bei weitem am deutlichsten sich zeigt, wenn der Ampère'schen Regel zufolge ein Zurückweichen der Stromfäden von der Elektrode zu erwarten ist. Eine Tendenz in gleichem Sinne für verdünnte Luft ist vielleicht auch in Tab. XXXI erkennbar. In Tab. XXXIII zeigt sich bei Gelbgluth sogar eine gewisse Steigerung der negativen Wirkung bei zugewandter Lage der Stromfäden.

Versuche mit Sauerstoff ergaben hier nur eine Steigerung der positiven Erregung; ein Unterschied beim Wechsel der Polarität des Magneten war hier, ähnlich wie bei verdünnter Luft, nicht durchgehends bemerkbar. Darauf bezügliche Beobachtungen, angestellt in einem Recipienten besonderer Form, folgen unter Tab. XXXVI. Es schien uns nämlich zweckmässig, um die Ein-

wirkung des Magneten auf die Partialströme innerhalb des Gases recht deutlich hervortreten zu lassen, Recipienten mit Doppelelektroden (Fig. 2) zu verwenden, derart, dass dem glühenden Drahte in gleichem Abstände von circa 10 mm oben und unten zwei möglichst gleichartige Platinplatten gegenübergestellt waren. Im magnetischen Felde war für die beiden Platten ein gerade entgegengesetztes Verhalten in Bezug auf diese Partialströme zu erwarten, da eine Annäherung der Stromfäden an die eine, eine Entfernung von der anderen bedingte. Die Messungen konnten entweder so vorgenommen werden, dass irgend eine der Platten mit dem isolirten Quadrantenpaare des Elektrometers verbunden war, während das andere Paar zur Erde abgeleitet wurde, oder auch so, dass je eine der Platten mit den beiden gleichzeitig isolirten Quadrantenpaaren in Verbindung stand. In letzterem Falle wurde direct die Potentialdifferenz zwischen den beiden Platten gemessen. In Verbindung mit diesem Apparate verwendeten wir einen kleinen Hufeisenelektromagnet von 110 mm Schenkellänge, 30 mm Polabstand und 11 mm Dicke. Er wurde in einem Halter so befestigt, dass die beiden Schenkel in derselben Horizontalebene lagen; der Glühdraht verlief alsdann zwischen den Polen der Richtung der Schenkel parallel.

Tab. XXXIV und XXXV enthalten die beobachteten Werthe der elektromotorischen Kraft bei Wasserstofffüllung des Recipienten für die obere und untere Elektrode.

Tabelle XXXIV.

Datum: 6. Mai 1888; Inhalt: H; Daniell = 33.

Nr.	ohne Magnet	Stromfäden zugewandt	Stromfäden abgewandt	Druck in mm
A. Obere Platte.				
1	—23	—13	+23	0·0590
2	—23	+ 1	+26	0·0590
3	—33	+ 0·5	+26	0·0388
4	—35	—15	—4·5	0·0214
B. Untere Platte.				
1	—31	— 2	+28	0·0590
2	—31	— 4	+27	0·0590
3	—34	+24	+38	0·0388
4	—47	— 0·5	+ 0·0	0·0214

Tabelle XXXV.

Datum: 7. Mai 1888; Inhalt: H; Daniell = 33.

Nr.	Ohne Magnet	Stromfäden zugewandt	Stromfäden abgewandt	Druck in mm
A. Obere Platte.				
1	-71	-49	-46	0·364
2	-67	-42	+ 9	0·0165
3	-52	-26	+14	0·0002
B. Untere Platte.				
1	-69	-53	-43	0·364
2	-74	-54	+20	0·0165
3	-38	-63	+36	0·0002

Wie man sieht, ist bei dieser Anordnung das zuerst für Wasserstoff gefundene Resultat bestätigt; die Elektrode, von welcher die Stromfäden abgelenkt werden, erscheint weniger stark negativ geladen, als die andere. Eine am 14. Mai mit reinem Sauerstoff angestellte Beobachtungsreihe enthält Tab. XXXVI. Durchgängig erscheint auch hier die positive Erregung im magnetischen Felde gesteigert, eine deutliche Abhängigkeit von der Polarität des Magneten tritt aber nicht zu Tage.

Tabelle XXXVI.

Datum: 14. Mai 1888; Inhalt: O; Daniell = 36.

Nr.	Ohne Magnet	Stromfäden zugewandt	Stromfäden abgewandt	Druck in mm
A. Obere Platte.				
1	+31	+56	+47	0·188
2	+48	+62	+69	0·041
3	+36	+62	+64	0·0002
B. Untere Platte.				
1	+39	+58	+52	0·188
2	+46	+63	+69	0·041
3	+27	+66	+64	0·0002

Am 12. Juni wurden die Messungen nochmals controlirt, u. zw. mit gleichem Ergebnisse. In Tab. XXXVII ist die Potentialdifferenz der oberen gegen die untere Platte bei verschiedener Polarität des Magneten gegeben.

Tabelle XXXVII.

Datum: 12. Juni 1888; Inhalt: H; Daniell = 30; $p = 0.0333$.

Potentialdifferenz der oberen Platte gegen die untere.

Ohne Magnet	Die Stromfäden sind der oberen Platte zugewandt	Die Stromfäden sind der unteren Platte zugewandt
—5	—35	+12
Inhalt: Sauerstoff.		
+4.5	— 5.5	+15

Auch diese Tabelle zeigt, dass diejenige Elektrode, welche der concaven Seite der Stromfäden gegenüberliegt, positiv gegen die andere ist.

Es sei noch bemerkt, dass Versuche ähnlicher Art wie die oben beschriebenen, auch mit permanenten Stahlmagneten ausgeführt wurden; da die Resultate die gleichen waren, kann wohl von ihrer Mittheilung Abstand genommen werden.

Man ist somit berechtigt, die Existenz des sogenannten Hall'schen Phänomens¹ im Wasserstoff als erwiesen zu betrachten. Allerdings ist, wie wir weiter unten noch auszuführen gedenken, die Elektricitätsleitung in Gasen doch wesentlich anders, als in festen Körpern und Flüssigkeiten aufzufassen; wenn wir also den Namen des Hall'schen Phänomens hier adoptiren, so soll damit nur eine Erscheinung bezeichnet werden, die als Analogon des für Flüssigkeiten und feste Körper mit diesem Namen belegten Verhaltens angesehen werden kann.

¹ Vergl. L. Boltzmann, Wied. Ann. 31, S. 789, 1887.

Aus unseren Versuchen ist nicht klar zu sehen, ob eine Einwirkung des Magnetismus auf die Stromfäden im Sauerstoff existirt. Dafür spricht die Beobachtung in Tab. XXXVII, dagegen die Tab. XXXVI. Entscheidende Resultate haben wir nicht erzielen können; es scheint, als ob im Sauerstoff eine andere, weiter unten zu besprechende Wirkung sich überwiegend geltend macht.

Es muss schliesslich noch bemerkt werden, dass der Einfluss des Magnetismus im Allgemeinen sich um so deutlicher kundthut, je verdünnter das Gas ist.

§. 21.

Mit der im Vorhergehenden nachgewiesenen Existenz des Hall'schen Phänomens im Wasserstoff und der jedenfalls weit geringeren Intensität desselben im Sauerstoff ist indessen die Gesamtheit der Einwirkung eines Magneten auf diese beiden Gase, wenn im Contact mit einem von Strom durchflossenen glühenden Platindraht befindlich, keineswegs wiedergegeben. Abgesehen selbst von der nicht erklärten Zunahme der elektromotorischen Kraft im positiven Sinne lässt ein Blick auf einige der mitgetheilten Tabellen (z. B. XXXIV) ein so schwankendes Verhalten eines und desselben Gases erkennen, dass ein Hineinspielen noch anderer Wirkungen sehr wahrscheinlich wird. Diese letzteren müssen sich nun um so deutlicher zeigen, je mehr die soeben beschriebene in Wegfall gebracht wird. Es handelte sich also um Elimination der den glühenden Draht umhüllenden Partialströme. Man kann dies in ziemlich vollkommener Weise durch Anwendung von Recipienten mit Schleifendraht (vergl. §. 4, Fig. 6) erreichen, in denen der glühende Draht in der Mitte abgeleitet und gleichzeitig in zwei neben einander verlaufende und in entgegengesetzter Richtung durchströmte Theile zerlegt wird.

Allerdings wird ein verhältnissmässig starker Zweigstrom den kleinen Zwischenraum der beiden Theilstrecken durchfliessen, in einiger Entfernung von dem Paralleldrahte aber wird die auf dem einen Theile befindliche freie negative Spannung von der gleich hohen positiven auf dem anderen compensirt werden. In der That ergibt sich fast dieselbe Einstellung der Elektrometer-

nadel, mag der Strom den Draht in der einen oder anderen Richtung durchfliessen.

War nun so ein glühender Körper von der Gesamtspannung Null hergestellt, so liess sich erwarten, dass auch im magnetischen Felde eine Umkehrung des Glühstromes keine Änderung der elektromotorischen Kraft bewirken könnte, da ja bei jeder Richtung desselben ein Übergang freier Elektricität nicht eintrat. Der Versuch bestätigte diese Erwartung, wie aus den folgenden Tabellen zu ersehen sein wird.

War so eine störende Wirkung des zum Glühen des Drahtes verwendeten Stromes ausgeschlossen, so muss aber noch immer die Möglichkeit einer magnetischen Einwirkung zugestanden werden. Der glühende Draht selbst wirkt ja elektricitätserrögend, er kann also als Anode aufgefasst werden, wenn er sich in Sauerstoff-, als Kathode, wenn er sich in Wasserstoffatmosphäre befindet. Auf diese durch den Glühprocess selbst erregten Ströme muss der Magnetismus ebenso richtend einwirken, wie auf die von aussen durch die Batterie hineingetragenen.

Ist eine derartige Einwirkung vorhanden, so muss sie unabhängig von der Richtung des Batteriestromes sein, abhängig dagegen im Vorzeichen von der Lage der Elektrode, ob diese sich über oder unter dem glühenden Draht befindet, ferner von der Polarität des Magneten, und schliesslich muss der Sinn derselben im Sauerstoff und Wasserstoff der entgegengesetzte sein.

Eine Beobachtungsreihe vom 7. Juni 1888, die diese Vermuthungen bestätigt, ist ausführlich in Tab. XXXVIII mitgetheilt. Verwendet wurde ein Recipient mit Doppelplatten, deren Abstand von dem 0.4 mm dicken Platindraht je 10 mm betrug (vergl. Fig. 6). Der benützte Elektromagnet war der oben beschriebene kleine.

Tabelle XXXVIII.

Datum: 7. Juni 1888. Magnetische Versuche mit Recipienten Fig. 6 (Platinschleife). Mittlerer Druck für A und B gleich 0.0338 mm; Glühzustand: helle Gelbgluth; $S = S' = 10$ mm; $d = 0.4$ mm; Daniell = 29.

A. Der Apparat ist mit verdünntem O gefüllt, daher der Glühdraht:

Anode.

Bemerkungen	Wippe zugewandt	Wippe abgewandt	Durch den Glühprocess erzeugte Spannung e	Freie Span- nung, von der Batterie her- rührend, x
1. Die obere Platte gegen den glühenden Draht.				
Magnet ausser Thä- tigkeit	+47	+50	+48.5	1.5
Magnet in Parallel- schaltung $+$...	+59	+61	+60.0	1.0
Magnet in Kreuz- schaltung \times	+56	+57	+56.5	0.5
Ohne Magnet	+51	+51	+51.0	0.0
2. Die untere Platte gegen den glühenden Draht.				
Ohne Magnet	+44	+44	+44	0.0
Magnet $+$	+57	+54	+55.5	1.5
Magnet \times	+61	+59	+60.0	1.0
Ohne Magnet	+48	+46	+47.0	1.0
3. Die elektromotorische Kraft der oberen gegen die untere Platte.				
Ohne Magnet	+ 8	+ 6	+ 7.0	1.0
Magnet $+$	+ 6	+ 5	+ 5.5	0.5
Magnet \times	+ 2	+ 1	+ 1.5	0.5
Ohne Magnet	+ 8	+ 7	+ 7.5	0.5

B. Der Apparat ist mit verdünntem H gefüllt, daher der Glühdraht:

Kathode.

Bemerkungen	Wippe zugewandt	Wippe abgewandt	Durch den Glühprocess erzeugte Spannung e	Freie Span- nung, von der Batterie her- rührend, x
1. Die obere Platte gegen den Draht.				
Ohne Magnet	-15	-14	-14.5	0.5
Magnet $+$	+12	+16	+14	2.0
Magnet \times	+31	+31	+31	0.0
Ohne Magnet	-17	-15	-16	1.0

Bemerkungen	Wippe zugewandt	Wippe abgewandt	Durch den Glühprocess erzeugte Spannung e	Freie Span- nung, von der Batterie her- rührend, α
2. Die untere Platte gegen den Draht.				
Ohne Magnet	- 1	+ 1	0.0	1.0
Magnet \oplus	+27	+27	+27	0.0
Magnet \times	+14	+16	+15	1.0
Ohne Magnet	- 1	+ 1	0.0	1.0
3. Die elektromotorische Kraft der oberen gegen die untere Platte.				
Ohne Magnet	-14	-12	-13	1.0
Magnet \oplus	-23	-13	-18	5.0
Magnet \times	+18	+16	+17	1.0
Ohne Magnet	-15	-12	-13.5	1.5

Die Tabelle zeigt eine deutliche Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Polarität des Magneten, u. zw. ist das Verhalten der Platten einander entgegengesetzt, die grösseren Werthe für die obere fallen bei gleicher Polarität des Magneten mit den kleineren der unteren zusammen. Verhältnissmässig gering sind die Unterschiede in Sauerstoff, grösser und dem Vorzeichen nach entgegengesetzt in Wasserstoff.

In beiden Gasen ist die schon im vorigen Paragraph behandelte Zunahme der elektromotorischen Kraft im positiven Sinne unverkennbar.

Die geringen Werthe derselben in Wasserstoff bei ausser Thätigkeit gesetzten Magnet sind wohl zum Theil auf den remanenten Magnetismus zurückzuführen.

§. 22.

In den beiden vorigen Paragraphen ist der Nachweis erbracht worden, dass der Magnetismus richtend einwirkt, sowohl auf die von dem glühenden Drahte vom Gesamtstrome der Batterie sich abzweigenden Partialströme, als auch auf diejenigen Ströme, die durch den Glühprocess selbst erst secundär in dem Gase erzeugt werden. Das Vorhandensein derartiger Einwirkungen konnte wohl als wahrscheinlich vorhergesehen werden; welcher

Art aber dieselben waren, d. h. von welchem Vorzeichen die Potentialdifferenz zwischen zwei Elektroden, von deren einer die Stromfäden hinweggedrängt, während sie der anderen genähert wurden, dies zu entscheiden, also den Sinn des Hall'schen Phänomens festzustellen, konnte nur Sache des Experimentes sein. Nachdem diese Frage beantwortet war, blieb aber noch immer ein unaufgeklärter Rest übrig. Woher jene Zunahme der positiven Erregung im magnetischen Felde?

Man könnte daran denken, dieselbe einer directen Einwirkung des Magneten auf etwaige von dem glühenden Körper abgeschleuderte feste Partikelchen zuzuschreiben. Nach den Versuchen unter Ausschluss magnetischer Kräfte war es allerdings sehr unwahrscheinlich, dass solchen abgeschleuderten Theilchen eine wesentliche Rolle als Elektrizitätserreger, respective Übertrager zuzuerkennen sei, indessen hielten wir es nicht für überflüssig, besondere Versuche in dieser Richtung anzustellen.

Zunächst zeigte es sich, dass der an der Glaswand sich bildende Beflug von Platin oder Platinoxid, wenn er im magnetischen Felde sich ablagerte, keinerlei Orientirung nach den Polen erkennen liess. Wir gingen nun dazu über, die Elektroden selber aus magnetischem Material herzustellen und benützten einen Recipienten mit Schleifendraht (Fig. 10, Taf. II), in den zwei als Elektroden fungirende Eisenstäbe *M*, *M'* von 250 mm Länge und 3.5 mm Dicke eingekittet waren. Letztere konnten mittelst zweier darübergeschobenen Drahtspiralen *U* und *V* magnetisirt werden. Mochte nun die Magnetisirung so gewählt sein, dass die dem glühenden Drahte zugewendeten Eisenstäbe gleichnamige oder ungleichnamige Pole bildeten, in keinem Falle, auch bei verschiedensten Glühzuständen, bei positiven wie bei negativen Werthen der elektromotorischen Kraft, konnte ein besonderes Verhalten der magnetischen Elektroden nachgewiesen werden. Es ist also wohl der Schluss berechtigt, dass, wenn etwa abgeschleuderte Partikelchen die Elektrisirung der Elektroden bewirken sollten, dieselben der Anziehung des Magneten nicht folgen, da in diesem Falle sich eine deutliche Verstärkung der elektromotorischen Kraft hätte zeigen müssen. Wir wiederholten dieselben Versuche in etwas anderer Form in dem Apparate Fig. 3, Taf. I, indem wir als Material für den glühenden Draht

Eisen wählten. Die Elektrode bestand ebenfalls aus Eisen, u. zw. aus einem halbcylindrischen, circa 2 mm dicken Blech, das in den abnehmbaren Theil des Apparates soweit hineinpasste, dass es sich auf eines der seitlich eingeschmolzenen Platinhäkchen stützte. Auch dieses zeigte dem glühenden Eisendraht gegenüber kein irgendwie ausgezeichnetes Verhalten, mochte es unmagnetisch, oder mittelst einer über den oberen Theil des Apparates geschobenen, vom Strome durchflossenen Spirale magnetisirt und der Recipient mit verdünnter Luft oder verdünntem Wasserstoff gefüllt sein. Auch der von dem glühenden Eisendrahte ausgehende ungemein starke Beflug (vergl. §. 13) der Glaswand ergab im magnetischen Felde keine ungleichmässige Ablagerung. Dies letztere Ergebniss scheint in Übereinstimmung mit früheren Resultaten darauf hinzudeuten, dass jene Ablagerungen auf den Glaswänden der Recipienten, sobald sie bei einigemassen hoher Temperatur erfolgen, weniger auf Abschleuderung fester Partikel (die bei Eisen wahrscheinlich dem Magneten folgen würden), als auf einer wahren Verdampfung des glühenden Drahtes beruhen.

Dass diese Metalldämpfe vielleicht geeignet sind, neue Complicationen in Folge des Auftretens elektromotorischer Kräfte beim Contact mit dem glühenden Drahte zuwege zu bringen, möge nur angedeutet werden.

Die auffallende Verkleinerung der negativen Erregung in H legte den Gedanken nahe, dass vielleicht eine Verdrängung des negativ elektrischen Gases aus dem magnetischen Felde eintritt. Dann wäre aber an solchen Stellen des Recipienten, die der magnetischen Wirkung ferner liegen, ein Auftreten gesteigerter negativer Ladungen zu erwarten, selbst dort, wo sie ohne Einfluss des Magneten nicht wahrnehmbar war.

Diese Folgerung zeigte sich durch den nun zu beschreibenden Versuch bestätigt.

Der unter §. 17 an zweiter Stelle beschriebene Recipient, der einen Kohlenfaden, sowie zwei in verschiedenen Entfernungen eingeschmolzene Drahtelektroden (*A* und *B*) und am Ende eine Elektrodenplatte *C* enthielt, wurde zwischen die Pole des kleinen Elektromagneten gebracht. Der Glühzustand des Kohlenfadens war so regulirt, dass ohne den Einfluss des Magneten *A* eine

kräftige, *B* eine schwache negative Ladung erhielt, während *C* überhaupt keine Spur einer Elektrisirung zeigte (entsprechend den unter §. 17 gegebenen Zahlen). Der Strom floss in dem Kohlenfaden und in dem Elektromagneten so, dass eine Ablenkung der Stromfäden (vergl. §. 20) gegen die Elektrodenplatte zu zu erwarten war. Befand sich der erregte Elektromagnet im Niveau der Elektrode *A*, so beobachteten wir an dieser nur die bekannte Herabminderung der negativen Elektrisirung. Verschoben wir denselben bis zur Elektrode *B*, so verschwand deren geringe negative Ladung vollständig. Dagegen zeigte aber jetzt die bis dahin neutral gebliebene Schlussplatte *C* eine sehr auffällige negative Elektrisirung, welche die frühere von *A* übertraf, die sich aber erst circa 10 Secunden später herausstellte, als der Strom im Elektromagneten geschlossen war. Diese Ladung war von der Polarität des Magneten abhängig, bei Polwechsel desselben verschwand sie.

§. 23.

Neben den Messungen der zwischen dem glühenden Drahte und dem heissen Gase auftretenden elektromotorischen Kraft führten wir auch Beobachtungen aus, betreffend das elektrische Leitungsvermögen des letzteren, die bei der von uns verwendeten Methode zwar nicht zu bestimmten, zahlenmässig angebbaren Resultaten führten, immerhin aber als ein geringer Beitrag zur Aufklärung dieses noch dunkeln Erscheinungsgebietes betrachtet werden dürften.

Die Beobachtungen wurden einfach in der Weise angestellt, dass die von der Elektrode zum Elektrometer führende Leitung, während der Draht glühte, mit dem einen Pol einer Zambonischen Säule berührt wurde. Die Säule bestand aus circa 1200 Plattenpaaren von 9 cm^2 Oberfläche, die auf einen Seidenfaden aufgezogen und fest zusammengedrückt waren. Hält man die Säule in der Hand, so kann man, indem man ein Stück derselben mit der Hand umschliesst, dasselbe ausser Thätigkeit setzen und, je nachdem man dasselbe vergrössert oder verkleinert, in kürzester Zeit über elektromotorische Kräfte verfügen, die von Null bis zu der Gesamtspannung der Säule variiren. War, wie oben angegeben, der eine Pol der Säule mit der zum Elektrometer führenden

Leitung in Berührung gebracht, so konnte entweder die Einstellung des Elektrometers nahezu unverändert bleiben, oder die Scala begann sich in Bewegung zu setzen, um schliesslich aus dem Gesichtsfelde zu verschwinden. Im ersteren Falle wurden allmählig immer grössere und grössere Stücke der Säule freigegeben, während derselbe Pol mit dem Elektrometer in Verbindung blieb. Stellte sich auch bei Anwendung der Gesamtspannung (circa 400 Volt) kein dauernder Ausschlag der Nadel ein, so wurde die Säule umgekehrt und dieselbe Manipulation wiederholt. Hatte diese den gleichen Erfolg, so sahen wir das Gas als normal (d. h. positive und negative Elektricität in gleicher Weise) leitend, u. zw. relativ gut leitend an. Ergab sich ferner, dass schon bei kleineren mitgetheilten Spannungen die Scala aus dem Gesichtsfelde verschwand, um aber allmählig nach Entfernung der Säule zur ursprünglichen Einstellung zurückzukehren, und fand sich für positive und negative Elektricität das gleiche Verhalten, so notirten wir auch in diesem Falle normales, wenn auch geringeres Leitungsvermögen.

In den meisten Fällen dagegen beobachteten wir, dass, während Ladungen einer Art, z. B. positive, bei glühendem Drahte entweder gar nicht angenommen wurden oder sofort nach Entfernung der ladenden Säule verschwanden, solche negativer Art selbst in geringer Intensität dauernd erhalten blieben. Wir bezeichneten in diesem Falle, gemäss der üblichen Ausdrucksweise das Leitungsvermögen des Gases als positiv, im entgegengesetzten Falle als negativ unipolar.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass zwischen dem letzteren Verhalten und dem normalen Leitungsvermögen sich alle denkbaren Zwischenstufen finden, indem die Zeiten, die zum Verschwinden gleich hoher Spannungen erforderlich sind, für positive und negative Elektricität in verschiedenster Weise ungleich ausfielen.

Unsere Beobachtungen lassen sich, wenn wir von der Anführung von Einzelheiten absehen, in folgende Hauptsätze zusammenfassen:

1. Die Leitungsfähigkeit der Gase nimmt zu und nähert sich zugleich mehr und mehr der normalen, je höher die Temperatur des glühenden Drahtes (respective Kohlenfadens) steigt.

2. Je näher die Elektrode dem glühenden Drahte, respective Kohlenfaden ist, um so leichter erfolgt die Ableitung. Bei äusserster Nähe und hoher Temperatur kann das Leitungsvermögen völlig normal erscheinen.

3. Im Sauerstoff ist das Leitungsvermögen ein negativ unipolares, bei nicht zu hohem Glühzustande wird positive Elektrizität durch das glühende Gas überhaupt nicht mehr entladen (bis circa 400 Volt).

4. In Wasserstoff, oder den Zersetzungsproducten von Fettdämpfen und bei Verwendung von Kohlenbügeln überhaupt ist das Leitungsvermögen positiv unipolar.¹

5. Selbst in sehr hohem Vacuum ($p < 0.0002$ mm) kann sich noch starkes unipolares Verhalten zeigen, u. zw.:

- a) Wenn bei naher Elektrode Rothgluth nicht überschritten wird;
- b) wenn die Elektrode genügend weit von dem glühenden Körper entfernt ist;¹
- c) wenn bei hohem Glühzustande zwischen dem glühenden Drahte, respective Kohlenbügel und der Luftelektrode ein kleiner zur Erde abgeleiteter Metallschirm angebracht wird.

6. Im magnetischen Felde findet sich im Allgemeinen ein sehr deutlich ausgeprägtes, negativ unipolares Leitungsvermögen, namentlich in Sauerstoff und Luft, vor, auch in Wasserstoff kann sich solches einstellen, doch sind hier die Beobachtungen je nach Polarität und Stellung des Magneten verschieden; da unsere Methode keine Messungen erlaubte, so mussten wir von einer specielleren Erforschung der Bedingungen Abstand nehmen.

Es mag noch bemerkt werden, dass ein ungefähres Urtheil über die Grösse des normalen Leitungsvermögens des Gases aus der Energie des Ausschlages der Elektrometernadel zu gewinnen war. Derselbe erfolgte bei hohem Glühzustande und Wasserstofffüllung der Recipienten bei den geringsten Drucken mit derselben Entschiedenheit und die Einstellung der Nadel geschah mit gleicher Sicherheit, wie man es bei Messung der Spannung an den Polen eines Normaldaniell beobachtet.

¹ Hierher gehört die von Hittorf gefundene Thatsache, dass ein glühender Kohlenfaden ein negativ elektrisches Goldblättchenpaar im Vacuum nicht entladet. Hittorf, Wied. Ann. Bd. 21, S. 137, 1884.

Dagegen konnte bei niederem Glühzustande und grossen Abständen der Elektroden in Luft oder Sauerstoff die Ladung sich oft erst sehr zögernd einem Maximum nähern; in Wasserstoff zeigte sich dies Verhalten, und zwar sehr auffallend, im magnetischen Felde.

Es hatte den Anschein, dass mit Erregung des Elektromagneten das Gas von den Elektroden weggeblasen würde. Ladungen, die der Elektrode von aussen mitgetheilt waren, hielten sich zuweilen ganz unverändert, wie wenn das Leitungsvermögen des Gases überhaupt aufgehoben wäre.

Bei den unter §. 17 geschilderten Erscheinungen (Abblendung der positiven Erregung durch einen Kupfereylinder) hatten wir den Eindruck, dass in dem verdünnten Gase discrete negative Partikelchen enthalten waren; die negative Ladung der Elektrode schien einer bestimmten Gränze nicht zuzustreben, der Vergleich mit einer Elektrode, die von einem Spray negativ elektrisirter Tröpfchen getroffen wird und deren Ladung unausgesetzt zunimmt, drängte sich uns von selbst auf.

§. 24.

Der grossen Mannigfaltigkeit der beobachteten Erscheinungen gegenüber, dürfte es zweckmässig sein, eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten Resultate zu geben, doch muss bemerkt werden, dass eine solche, wenn sie übersichtlich und kurz sein soll, nur auf Kosten der Vollständigkeit möglich ist.

Wir glauben, dass sich in folgende Sätze das Wesentliche unserer Ergebnisse zusammenfassen lässt.

1. Verdünnte Luft wird durch einen glühenden Draht positiv elektrisch.

2. Von lebhafter Gelbgluth an nimmt diese Elektrisirung mit steigender Temperatur ab.

3. Im hohen Vacuum und bei längerem Glühen wechselt die elektromotorische Kraft ihr Zeichen.

4. In Sauerstoff ist dieselbe positiv und stärker als in Luft.

5. Während der positiven Elektrisirung verschwindet Sauerstoff.

6. In Wasserstoff ist die elektromotorische Kraft negativ und wächst mit steigender Temperatur.

7. Bei langem Glühen dünner Drähte in Wasserstoff sinkt die elektromotorische Kraft, bei dicken nicht. (Erstere werden brüchig.)

8. Quecksilberdampf scheint nicht elektromotorisch zu wirken.

9. In Wasserdampf, Schwefel- und Phosphordampf ist die elektromotorische Kraft positiv.

10. In den Zersetzungsproducten von Fettdämpfen ist die elektromotorische Kraft stark negativ.

11. Auch durch andere glühende Metalle als Platin, wird Luft positiv, Wasserstoff negativ elektrisirt.

12. Weissglühende Kohlenfäden bewirken unter allen Umständen negative Elektrisirung, geben aber zugleich aus ihrem Inneren Gase aus.

13. Künstliche Veränderung der Oberfläche des glühenden Drahtes, sowie Anwendung verschiedenartiger Elektroden ist von geringem Einfluss auf die elektromotorische Kraft.

14. In gewisser Entfernung von dem glühenden Drahte verschwindet die elektromotorische Kraft.

15. Abgeschleuderte feste Partikelchen scheinen die Träger der Elektrisirung nicht zu sein.

16. Die vom glühenden Drahte ausgehende Bestrahlung bewirkt die elektromotorische Kraft nicht.

17. Im magnetischen Felde nimmt die positive Elektrisirung zu, die negative ab.

18. Der Magnet wirkt auf die vom glühenden Drahte sich abzweigenden Partialströme ablenkend (Hall'sches Phänomen in Wasserstoff) ein.

19. Der Magnet wirkt nicht auf abgeschleuderte Metalltheilchen, auch nicht, wenn das glühende Metall ein magnetisches (Eisen) ist.

20. Die erhitzten Gase zeigen meist unipolares Leitungsvermögen. Bei positiver Elektrisirung wird negative, bei negativer positive Elektrizität vorwiegend entladen.

21. Das Leitungsvermögen nähert sich mit steigender Temperatur dem normalen.

22. Im magnetischen Felde wird positive Elektrizität im Allgemeinen weniger leicht entladen, als negative.

§. 25.

Theorie.

Das im Vorhergehenden zusammengestellte Beobachtungsmaterial sollte zur näheren Erforschung derjenigen Vorgänge dienen, welche veranlassen, dass isolirte Leiter sich in der Nähe glühender Körper, von denen sie durch Gasschichten von veränderlicher Dichtigkeit getrennt sind, elektrisirt zeigen. Hiebei sind offenbar zwei Punkte zu trennen, nämlich: 1. Die elektromotorische Kraft, durch welche überhaupt freie Spannung erzeugt wird und 2. die Übertragung derselben durch das erhitzte Gas auf die Elektrode. Die Erforschung der unter 1 angeführten Thatsachen möchten wir als das Eigenthümliche unserer Untersuchung in Anspruch nehmen, was Punkt 2 anbetrifft, die Elektricitätsleitung der Gase, so werden wir uns in dieser fundamentalen Frage auf zahlreiche Beobachtungen anderer Physiker berufen können, durch welche dieselbe, wie es scheint, ihrer Lösung wesentlich näher gerückt ist.

Was nun zunächst jene beim Contact von Gasen und glühenden Körpern auftretende elektromotorische Kraft betrifft, so hatten unsere früheren Versuche gezeigt, dass der in Luft, Sauerstoff, Kohlensäure¹ gewöhnlicher Dichtigkeit glühende Körper sich selbst negativ, genäherte Leiter dagegen positiv elektrisirt. Wir wiesen nach, dass diese positive Elektrisirung als durch das erhitzte Gas vermittelt anzusehen war, in der Art, dass wir das Gas selbst als positiv elektrisch — genauer ausgedrückt, mit positiv elektrisirten Partikelchen durchsetzt — erkannten. In Wasserstoff war die Erregung bei genügend hohen Temperaturen die entgegengesetzte.²

Solche in der Umgebung eines glühenden Körpers befindliche Gasmassen, durchmischt mit elektrischen Theilchen, erwiesen sich als ungleichartige Leiter für die beiden entgegengesetzten Elektricitäten, im positiven Gase wird negative, im negativen positive Elektricität vorwiegend leicht entladen. Die hierauf gegründete Theorie der unipolaren Leitung der Gase³ war die

¹ Elster u. Geitel, Wied. Ann. Bd. 19, S. 595 ff., 1883.

² Elster u. Geitel, Wied. Ann. Bd. 31, S. 123, 1887.

³ Elster u. Geitel, Wied. Ann. Bd. 24, S. 1, 1885.

schon von Herwig¹ als allein rationell geforderte. Zugleich schien uns die Möglichkeit gegeben, der Frage nach dem Ursprung der Flammenelektricität näher zu treten. Die Thatsache, dass ein in eine zur Erde abgeleitete Flamme eingesenkter glühender Metalldrath sich negativ lud, ergab sich von selbst als Abänderung unseres Fundamentalversuches, ebenso, dass eine nicht glühende Elektrode im Flammensaume gegen eine glühende im Flammeninneren sich positiv verhielt.

Um die elektrische Erregung der Flamme verständlich zu machen, auch für den Fall, dass ein glühender Körper nicht in dieselbe eingeführt war, griffen wir zu der Hypothese, dass wir in jeder Flamme glühende Partikelchen annahmen, die in Contact mit den Flammengasen sich negativ elektrisirten.² Die Flamme musste demnach nach aussen wie ein glühender fester Körper wirken, im Inneren aber, wie es die Thatsachen fordern, positiv-unipolares Leitungsvermögen zeigen. Welcher Art jene in der Flamme suspendirten Partikelchen waren, ob fest, flüssig (vielleicht auch gasförmig), darüber trafen wir eine Entscheidung nicht.

Der Gedanke, dass in der Umgebung glühender Körper suspendirte Partikelchen fester oder flüssiger Natur den elektrischen Zustand eines Gases bestimmen können, gewann Grundlage durch die Arbeiten von Nahrwold³ und eine Beobachtung von Lodge,⁴ indem ersterer eine statische Ladung eines staubfreien Gases als kaum wahrscheinlich nachwies, während der letztere die Thatsache hervorhob, dass die Umgebung glühender Körper sich von selbst mit — wahrscheinlich vom glühenden Körper abgeschleuderten — Partikelchen anfüllte, die als Condensationskerne bei der Verdichtung des Wasserdampfes fungiren konnten. Hiezu kam unsere eigene Beobachtung, dass eine Zerstäubung der als glühende Körper dienenden Platindrähte allemal bei positiver Erregung der Elektroden auftrat, während sie in Wasserstoff gewöhnlicher Dichte bei negativer Erregung ausblieb.

Die Resultate der hier vorgelegten Untersuchung scheinen uns nun aber mit aller Entschiedenheit der Annahme zu wider-

¹ Herwig, Wied. Ann. Bd. 1. S. 517, 1877.

² Elster u. Geitel, Wied. Ann. Bd. 19, S. 616, 1883.

³ Nahrwold, Wied. Ann. Bd. 31, S. 448, 1887.

⁴ Lodge, Nature, 31, pag. 268, 1885.

sprechen, dass den von dem glühenden Drahte abgeschleuderten, festen Partikelchen ein wesentlich bestimmender Einfluss auf die beobachtete elektromotorische Kraft zuzuschreiben ist. Die Natur des Gases und die Oberfläche des glühenden Drahtes, nicht das Auftreten metallischer Beflüge, sind die Factoren, von denen die elektromotorische Kraft abhängt; auch die Versuche im magnetischen Felde, bei denen eine Einwirkung des Magnetismus auf die elektromotorische Kraft hervortrat, dagegen eine solche auf die Metallbeflüge nicht nachweisbar war, deuten darauf hin, dass die Theilchen des Gases selbst, nicht secundär in dasselbe eindringende fremde Körperchen durch den Glühprocess elektrisch activ werden.

Wir haben desshalb kein Bedenken getragen, die Vorstellung von solchen, zwischen Elektrode und glühendem Drahte sich bewegendem, dem Gase nicht angehörenden leitenden Theilchen als für die Auffassung der Gesammterseheinung mindestens unwesentlich zu verwerfen.¹ Dagegen weisen die neueren Untersuchungen auf dem Gebiete der Elektricitätsleitung in Gasen mit grosser Übereinstimmung auf eine Auffassung hin, die soweit uns bekannt, in präciser Form zuerst von A. Schuster² bekannt gemacht ist, es ist dies die Theorie von der elektrolytischen Leitung der Gase.

Hiernach ist im gewöhnlichen Zustande ein Gasmolekül einer Elektrisirung überhaupt nicht fähig, eine solche wird nur dann möglich, wenn entweder durch die Einwirkung elektrischer Kräfte selbst, oder durch andere Einflüsse ein Zerfallen der Moleküle in Atome stattfindet. Diese Atome sind als Bestandtheile der Moleküle mit entgegengesetzten Elektricitäten behaftet zu denken, ganz nach Art der Ionen der Elektrolyte, und der Durchgang der Elektricität durch Gase vollzieht sich in derselben Weise, wie durch Elektrolyte. Dass eine Ausscheidung der Zer-

¹ Wir bemerken, dass wir uns hiemit keineswegs im Gegensatz zu Nahrwold's Ansicht befinden. Derselbe hält eine dauernde statische Ladung der Gase nur durch Vermittlung solcher Partikelchen für möglich, während die von uns beobachtete Elektrisirung mit dem Glühen des Drahtes beginnt und mit dem Erlöschen verschwindet, also überhaupt nicht als statische Ladung aufzufassen ist.

² A. Schuster, Proc. Roy. Soc. 37, pag. 317, 1884.

(J. Elster u. H. Geitel.)

setzungsproducte des Gases an den Elektroden nicht nachweisbar ist (etwas Derartiges ist übrigens von Schuster¹ beobachtet), ist auf die viel grössere Beweglichkeit der Ionen in Gasen als in Flüssigkeiten zurückzuführen.²

Es ist überraschend, wie unter diesem neuen Gesichtspunkte selbst solche Thatsachen sich einordnen, welche, wie die Beobachtung Lodge's, dass der glühende Platindraht das Gas seiner Umgebung mit Condensationskernen anfüllt, für die ausschliessliche Annahme fester Partikelchen zu sprechen scheinen. Bei seinen Versuchen an einem Dampfstrahl³ ist R. v. Helmholtz auf ganz anderem Wege zu dem Resultate gekommen, dass auch das Vorhandensein freier Ionen in gleicher Weise wie die Existenz von Staubpartikelchen in der Luft die Condensation des Wasserdampfes befördert. So kann Lodge's Versuch auch dahin gedeutet werden, dass in der den glühenden Draht berührenden Luft eine Zerlegung der Gasmoleküle stattfindet.

Auch Giese⁴ gelangte bei seinen Versuchen über die Leitungsfähigkeit der Flammengase zu analogen Vorstellungen.

R. v. Helmholtz⁵ beobachtete ferner die Bläuung von Wurster'schem Papier, sowohl über einer Bunsenflamme, als auch in der Nähe eines glühenden Platindrahtes. Hiermit in Einklang steht die von uns gefundene Bildung von Platinoxyd an den Glaswänden der Recipienten, wenn dieselben einen glühenden Platindraht in Sauerstoff enthielten. (Vergl. §. 6.) Aus dem Auftreten solcher chemischer Verbindungen, die sich direct aus ihren Bestandtheilen schwierig herstellen lassen, in der Nähe der Elektroden einer vom Strom durchflossenen evacuirten Röhre, gelangte auch Dessau⁶ zu der Annahme von freien Ionen in dem Gase und fand darin eine Stütze der Schuster'schen Theorie.

War so die Existenz von Ionen in der Nähe eines glühenden Drahtes wahrscheinlich gemacht, so lag der Gedanke nahe, nach dem Vorgange von Schuster denselben die Hauptrolle auch bei

¹ A. Schuster, l. c.

² Arrhenius, Wied. Ann. Bd. 32, S. 568, 1887.

³ R. v. Helmholtz, Wied. Ann. 32, S. 14, 1887.

⁴ Giese, Wied. Ann. 17, S. 570, 1882.

⁵ R. v. Helmholtz, l. c.

⁶ Dessau, Wied. Ann. 29, S. 352, 1886.

der von uns beobachteten Elektricitätsregung in Gasen zuzuweisen; zugleich bot sich die Aussicht, die letztere von diesem allgemeineren Gesichtspunkte aus mit den Erscheinungen in Verbindung zu bringen, die überhaupt den Durchgang der Elektricität durch Gase begleiten.

Wir möchten die so gewonnene Anschauung — d. i. keine andere als die von Schuster vertretene, doch im Hinblick auf unsere Beobachtungen von uns ergänzte — in folgender Weise aussprechen:

„Ein Gas ist im gewöhnlichen Zustande ein vollkommener Isolator für elektrische Potentialdifferenzen, die innerhalb einer gewissen, von der Dichtigkeit und vielleicht auch der Natur des Gases bedingten Grenze liegen.¹ Die Gasmoleküle bestehen aus Atomen von entgegengesetzter elektrischer Polarität (Jonen).²

Der Übergang der Elektricität von einem Moleküle zu einem anderen ist von einem Austausch der Atome (Jonen) begleitet.

Wenn ein Gas leiten soll, so müssen seine Moleküle in Jonen zerspalten (dissociirt) werden. Dies kann entweder bei genügend hohen Potentialdifferenzen durch die elektrischen Kräfte selbst geschehen, und so die Strömung eingeleitet werden, oder die Dissociation wird durch besondere chemische oder physikalische Vorgänge bewirkt (chemische Processe, Erhitzung, Bestrahlung), wodurch dann der Elektricität die zum Durchgange erforderlichen Vehikel geliefert werden.³

In Folge eingetretener Dissociationen kann ein Gas von positiven und negativen Jonen entweder gleichviel enthalten, oder die Jonen einer Art treten im Überschuss auf. Im ersteren Falle ist das Gas normal, im zweiten unipolar leitend, u. zw. wird diejenige Elektricität vorwiegend entladen, deren Vorzeichen

¹ Vergl. auch Luvini (Beibl. 11, S. 289, 1887) der experimentell zu demselben Resultate, wie Nahrwold gelangt.

² Vergl. auch Föppl (Wied. Ann. 34, S. 222, 1888), der in theoretischer Untersuchung diese Annahme als möglich erweist.

³ Vergl. in Betreff der Elektricitätsleitung durch erhitzte Gase: Hittorf, Wied. Ann. 21, S. 133, 1884; Becquerel, Ann. de chim. et de phys. (3) 39, pag. 355, 1883; Blondlot, Beibl. 11, pag. 474, 1887.

dem der im Überschuss vorhandenen Ionen entgegengesetzt ist.¹

Findet die Dissociation bei Berührung der Gasmoleküle mit einem erhitzten Leiter statt, so kann das eine der Ionen im Momente der Trennung den glühenden Körper berühren und, sobald es frei geworden, seine Elektrizität an denselben abgeben. Das andere verlässt dann den glühenden Körper, behaftet mit der entgegengesetzten Elektrizität. Es ist nun im Stande, seine freie Spannung an einen beliebigen Leiter, den es trifft, abzugeben, sei es direct oder erst nachdem es durch Zusammenstoß mit einem anderen Molekül in dieses eingetreten ist und den gleichnamig elektrischen Bestandtheil verdrängt hat, welcher letztere alsdann die Rolle des ersteren übernimmt. Nach einer Reihe von Zusammenstößen werden sich die getrennten Ionen wieder vereinigen an Stellen, die dem Herde der Dissociation fern liegen, respective sie werden ungesättigte Verbindungen oder chemische Vereinigungen mit Molekülen anderer Art, mit denen sie zusammentreffen, bilden. Es liegt in der Natur des glühenden Körpers sowie der berührenden Gasmoleküle begründet, ob der positive oder negative Bestandtheil des Moleküles im Momente der Spaltung entladen wird, d. h. die Frage nach dem Vorzeichen der Elektrisirung der Gase durch glühende Körper kann nur das Experiment entscheiden.

Ist demnach das Gas durch den Glühprocess mit elektrischen Ionen positiver oder negativer Art durchsetzt, so wird sein Leitungsvermögen sich als negativ oder positiv unipolar herausstellen müssen. Liegt die Dissociationstemperatur des Gases relativ niedrig, so kann die Erhitzung auch in der weiteren Umgebung des glühenden Körpers über dieselbe steigen, ein Zerfallen der Moleküle demnach im freien Gasraum erfolgen. Da in diesem Falle keines der beiden Ionen eines Moleküls entladen wird, so enthält jetzt das Gas positiv und negativ geladene Atome zugleich, die Elektrisirung der Elektrode nimmt ab, die Leitungsfähigkeit des Gases nähert sich der normalen. Bewegung des Gases bringt mehr Moleküle in directen Contact mit dem glühenden Körper und vermindert die Temperatur der Umgebung, sie wirkt also verstärkend auf die Elektrisirung.

¹ Vergl. unsere Mittheilung, Wied. Ann. 31, S. 126, 1887.

3. Ebenso werden grosse Oberflächen bei gleicher Temperatur kräftiger erregend wirken als kleine.“

Diese im Vorigen gegebene Theorie erklärt das Auftreten freier Elektricität in dem die glühenden Körper berührenden Gase, gibt Rechenschaft von dem Bestehen der unipolaren Leitung, begründet die Abnahme der Elektrisirung mit sehr hoch steigender Temperatur in Sauerstoff und Luft, sowie die Zunahme beim Anblasen des glühenden Körpers.¹ Eine Abnahme der elektrischen Erregung mit steigender Temperatur haben wir in Wasserstoff allerdings nicht nachweisen können. Dieser Umstand weist wohl auf eine höher liegende Dissociationstemperatur des Wasserstoffes hin.

Sehr bemerkenswerth scheint das Verhalten des Quecksilberdampfes. Wenn derselbe nämlich, wie die Versuche vermuthen lassen, nicht elektromotorisch wirkt, so liegt darin eine Bestätigung der Theorie; die einatomigen Moleküle des Quecksilberdampfes sind einer Spaltung in elektrisch polarisirte Ionen nicht fähig.²

Das Erscheinen negativer Werthe der elektromotorischen Kraft in hoch evacuirten Räumen und bei höheren Glühzuständen ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass nach Verbrauch des Sauerstoffes (Oxydation der Platindämpfe) die von den Glaswänden des Recipienten verdampfenden Feuchtigkeitsreste durch den hellglühenden Draht zersetzt werden und damit freier Wasserstoff in denselben gelangt. Auch der Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit des glühenden Drahtes auf die elektromotorische Kraft widerspricht der Theorie nicht. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass in Folge der fortgesetzten Dissociation an seiner Oberfläche der glühende Draht Veränderungen erfährt, die sich auch noch auf andere Weise als durch Herabsinken der elektromotorischen Kraft, nämlich durch Brüchigwerden, äussern.

Eigenthümlicher Art müssen die Bedingungen sein, die eine entgegengesetzte Elektrisirung zweier in dasselbe Gas an verschiedenen Stellen eintauchenden Elektroden bewirken. Es muss in solchen Fällen eine Trennung der entgegengesetzt polarisirten

¹ Elster u. Geitel, Wied. Ann. 31, S. 124, 1887.

² Einen ähnlichen Schluss zog Schuster aus der Form der elektrischen Entladung in Hg-Dampf. A. Schuster, l. c.

Jonen von selbst auftreten. (Vergl. unten: Wirkung des Erdmagnetismus.)

Es möge nun die Betrachtung der Erscheinungen im magnetischen Felde folgen.

Hiebei ist wohl in erster Linie zu entscheiden, ob das dem Versuche unterworfenen Gas magnetisch (wie Sauerstoff) oder schwach diamagnetisch ist (wie Wasserstoff).

Zugleich sind aber gewisse Bewegungserscheinungen in Betracht zu ziehen, die durch den Einfluss des Magneten in den von elektrischen Strömen durchflossenen Gasen hervorgerufen werden können, und auf welche A. Schuster in der schon citirten Abhandlung hinweist.

Von dem inneren Zustand eines vom elektrischen Strome durchflossenen verdünnten Gases im magnetischen Felde gibt derselbe nämlich auf Grund seiner Theorie folgende Vorstellung.

Die Gastheilchen, welche den elektrischen Strom leiten, werden von dem Magneten normal zur Stromrichtung abgelenkt, da sie aber (im Austausch der freien Jonen begriffen) wesentlich besser leiten als die benachbarten, so folgt der Strom selbst dieser Ablenkung. Dieselbe wird im Laufe der Zeit mehr und mehr zunehmen, aber zugleich wird der Strom das Bestreben haben, in die ursprüngliche Bahn vom kleinsten Widerstande zurückzuspringen. Die schliessliche Lage der Entladung wird daher keine eigentliche Gleichgewichtslage sein; der Magnet, in seinem Bestreben, die Ablenkung weiter zu treiben und der Strom, welcher die Bahn vom kleinsten Widerstande wieder aufsucht, müssen sich schliesslich mit einander abfinden. Da aber die richtende Kraft des Magneten bestehen bleibt, so werden auch jetzt noch die Gastheilchen senkrecht zu der Richtung der Strombahn durch dieselbe hindurchgetrieben.

Wir wenden uns zuerst zu den Versuchen in Sauerstoff.

In diesem Falle ist zu beachten, dass die magnetische Susceptibilität dieses Gases sich beim Erhitzen verringert;¹ es wird darnach das heisse Sauerstoffgas im magnetischen Felde aus der Umgebung des glühenden Drahtes verdrängt und statt seiner

¹ Vergl. hierüber die Untersuchungen von: Faraday; Wied. Elektricität III, S. 903, 1883, Quineke; Wied. Ann. 34, S. 401, 1888; Du Bois; Wied. Ann. 35, S. 150, 1888.

kaltes Gas herangesogen. Das erste wird nur so lange vom Magneten beeinflusst, als seine Temperatur höher ist, als die des umgebenden Gases; ist — was bald nach Trennung von dem glühenden Drahte der Fall sein wird — die Temperatur ausgeglichen, so wird eine fernere Repulsionskraft nicht mehr ausgeübt, im Gegentheil, es erscheint nun magnetisch gegen das jetzt der Glühhitze ausgesetzte Gas. So wird durch den Magneten eine Circulation des Sauerstoffes hervorgerufen, die eine besonders lebhafte Berührung mit dem glühenden Drahte und daher stärkere Elektrisirung herbeiführen wird.¹

Aus dem magnetischen Felde wird daher das Gas durch die rein magnetische Einwirkung nicht gedrängt werden, vielmehr ist anzunehmen, dass gerade die kühlen Gastheilehen von allen Seiten her dorthin zusammenströmen werden. Dieser Bewegung entgegengesetzt, ist der oben angegebene Antrieb elektrodynamischer Art, den der Magnet auf die in den Stromfäden ihre Atome austauschenden Moleküle ausübt. Auf diese wirkt eine Kraft, die sie von der concaven zur convexen Seite der Stromlinien zu treiben und damit überhaupt aus dem magnetischen Felde zu entfernen sucht. Dass solche von der Richtung der Stromlinien abhängigen Kräfte im Sauerstoff existiren, ist nach unseren Beobachtungen nicht unwahrscheinlich; ihr jedenfalls geringer Einfluss drängt zu der Annahme, dass im Sauerstoff die magnetische Anziehung bei weitem überwiegt. Bei der stark magnetischen Natur des Sauerstoffes scheint diese Auffassung wohl erlaubt zu sein. Hiedurch würde sich dann die Steigerung der elektromotorischen Kraft in Sauerstoff durch vermehrten Contact des Gases mit dem glühenden Drahte erklären.

Im Wasserstoff liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Wasserstoff wird vom Magnetismus im Vergleich mit Sauerstoff sehr schwach beeinflusst, und wenn auch sein Diamagnetismus durch die Temperaturerhöhung eine Änderung erfahren mag, so ist die Energie der hiedurch eingeleiteten Bewegung jedenfalls

¹ Wir haben früher mehrfach gezeigt (Wied. Ann., Bd. XXXI, S. 124, 1887) wie durch Anblasen eines glühenden Körpers die Elektrisirung der Luft bedeutend gesteigert werden kann. Ein über einen galvanisch weiss-glühenden Platindraht streichender Luftstrom zeigt eine am Goldblattelektroskop messbare Ladung von 150 Volt.

ungleich geringer als im Sauerstoff. Rechnet man dazu die grössere Intensität der Partialströme — bedingt durch die höhere Leitungsfähigkeit — so ist wohl die Annahme gerechtfertigt, dass im Wasserstoff die elektrodynamische Einwirkung des Magneten die magnetische überwiegt. Es ist dann zu erwarten, dass im Wasserstoff im magnetischen Felde ein continuirlicher Schwarm der die Leitung vermittelnden Ionen (die hier vorwiegend mit negativer Elektricität behaftet sind) die Stromfäden von der concaven zu der convexen Seite durchsetzt. Bei der grossen Masse des Magneten und der geringen der Ionen wird diese Bewegung mit beträchtlicher Geschwindigkeit vor sich gehen; dieser Strom negativ-elektrischer Partikelchen wird sich durch eine Potentialdifferenz zweier Elektroden kundgeben, von denen die eine der convexen, die andere der concaven Seite der Stromfäden zugewandt ist. Erstere, als von negativ elektrischen Theilchen getroffen, muss negativ gegen die letztere erscheinen. Damit ist die Existenz des Hall'schen Phänomens und zugleich der Sinn desselben gegeben.

Man vergleiche hiermit die Tabellen, betreffend die elektromotorische Kraft im Wasserstoff im magnetischen Felde (Tab. 32 bis 35), sowie die unter §. 22 am Ende beschriebenen Versuche, bei welchen jener vom Magneten erregte Strom negativ geladener Ionen sich noch weit über den normalen Wirkungskreis des glühenden Kohlenfadens hinaus erstreckte, aber mit Polwechsel des Magneten (der ihn nach unten lenken würde) sofort verschwand.

Überhaupt hat der Magnet, indem er die negativ elektrischen Ionen normal durch die Stromlinien treibt, das Bestreben, die ersteren sofort nach ihrer Bildung aus dem magnetischen Felde und somit auch von den Elektroden wegzutreiben. Folge davon ist das lebhaftes Herabsinken der elektromotorischen Kraft im Wasserstoff bei Erregung des Magneten und die gleichzeitige Steigerung des Widerstandes.¹ Ist das Gas nicht ganz rein, sondern mit Sauerstoff durchmischt, so werden die positiv elektrischen Ionen des letzteren im magnetischen Felde verbleiben und ein Umschlagen der elektromotorischen Kraft ins Positive

¹ Boltzmann, Wied. Ann. 31, S. 789, 1887.

veranlassen können. Vielleicht genügt schon der Erdmagnetismus, eine solche Trennung einzuleiten (vergl. S. 86). Dass das unipolare Leitungsvermögen dann ebenfalls seinen Sinn ändert, ist nicht zu verwundern.

Die hier zu Grunde gelegte Theorie ist vielleicht geeignet, Aufschluss über einige Erscheinungen zu geben, die den von uns beobachteten verwandt sind, sowie auch Anregungen zu neuen Versuchen zu bieten.

Wir denken dabei an die von Hittorf¹ und Goldstein² beobachtete Thatsache, dass bei Weissgluth der Kathode elektrische Ströme ein Vacuum passiren, das sich ihnen gegenüber bei gewöhnlicher Temperatur der Kathode absolut isolirend verhält. Ist das Vacuum hoch genug und nicht über Sauerstoff hergestellt und werden insbesondere Kohlenfäden verwendet, so liefert das Erglühen derselben nach unseren Versuchen schon von selbst einen secundären Strom, der dem in dem Versuche verwandten primären gleichgerichtet ist.

Der Übergang des letzteren wird also durch Vermittlung der Ionen miterfolgen, die schon den ersten zu Stande brachten. Wäre die Anode glühend, so würde der durch das Glühen erzeugte secundäre Strom entgegengesetzt dem primären laufen, also eine Ausbildung desselben direct erschweren. Der Umstand, dass Goldstein³ die Erscheinung, die mit Kohlenfäden ausnahmslos sich zeigte, nicht so sicher mit weissglühenden Platinelektroden hervorrufen konnte, scheint uns dafür zu sprechen, dass die von uns beobachtete elektromotorische Kraft, die ja an Platin, besonders bei Gegenwart von O und Anwendung dicker Drähte, der an Kohlenfäden entgegengesetzt ist, wesentlichen Einfluss hat. Es würde sich geradezu empfehlen, in einem über reinem Sauerstoff hergestellten Vacuum, bei Ausschluss aller Kittungen und gefetteten Hähne den Versuch an einem Platindraht von circa 0.3 mm Dicke zu wiederholen. Wir glauben, das Ergebniss als wahrscheinlich hinstellen zu können, dass hier ein Glühen der Anode den Primärstrom fördern würde.

¹ Hittorf, l. c.

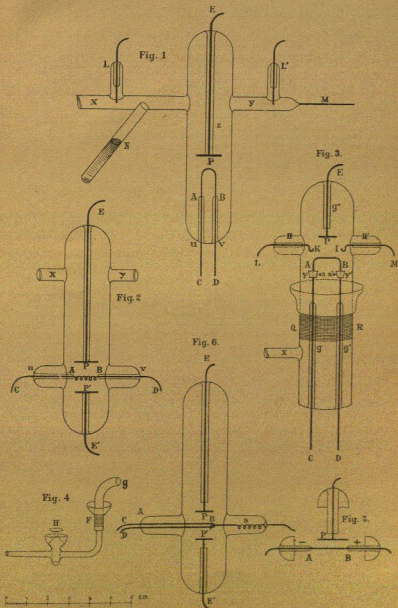
² Goldstein, Wied. Ann. 24, S. 83, 1885.

³ Goldstein, ibid. pag. 91.

Es liegt uns ferne, die Schwierigkeiten zu verkennen, die sich einer Anwendung der Schuster'schen Theorie auf den Durchgang der Elektricität durch Gase überhaupt entgegenstellen, wenn dabei das Verlangen gestellt wird, dass dieselbe von allen den mannigfaltigen Erscheinungen Rechenschaft geben soll, die auf diesem Gebiete bekannt geworden sind.

Wer in diesen Dingen gearbeitet hat, weiss, in wie hervorragender Weise Ursachen, deren man nicht Herr werden kann (z. B. Unreinheit der Gase, Molecularbeschaffenheit der Elektroden) den Verlauf der Erscheinungen beeinflussen. Wir haben uns desshalb mit dem Versuche begnügt, die Theorie in grossen Zügen mit den Beobachtungen in Einklang zu bringen. Dass dies noch in dem erreichten Masse möglich war, ist uns selbst, die wir, während wir das Beobachtungsmaterial sammelten, einen Ausweg aus den verwirrenden und scheinbar widersprechenden Erscheinungen oft kaum zu hoffen wagten, überraschend gewesen.

Möge auch die vorliegende Abhandlung Einiges dazu beitragen, die Frage nach der Art der Elektricitätsübertragung in Gasen ihrer allgemeinen Lösung näher zu bringen.



Ph. Luth v. J. Barth in Fiedrichshaus/Wien.

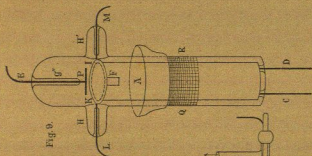


Fig. 9.

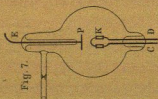


Fig. 7.

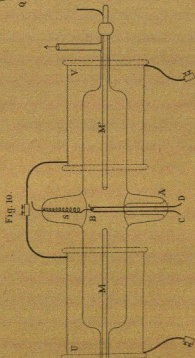


Fig. 10.

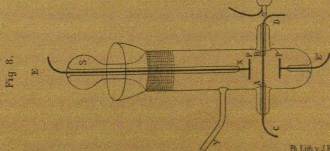


Fig. 8.

Ph. Lith. v. J. Barth in Frankfurt a. M.



KODAK GRAY SCALE



C	Red-Filter Negative	Cyan Printer	M	Green-Filter Negative	Magenta Printer	Y	Blue-Filter Negative	Yellow Printer
----------	---------------------	--------------	----------	-----------------------	-----------------	----------	----------------------	----------------



black

3-color

white

cyan

violet

magenta

primary red

yellow

green



KODAK COLOR CONTROL PATCHES



These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.